НАЧАТКИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

3

Дм. РОЙТМАН

# ОБЩЕДОСТУПНЫЕ ОЧЕРКИ ИЗ ОБЛАСТИ АСТРОНОМИИ

ЛУНА. СОЛНЦЕ. ПЛАНЕТЫ. КОМЕТЫ и ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ. ЗВЕЗДНЫЕ МИРЫ. ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД
1924

# ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

## Ленинград

**Аррениус, С.** — Жизненный путь планет. Ц. 1 р. 70 к.

**Ауэрбах, Ф.** — Пространство и время. Материя и энергия. Элементарное в
дение в теорию относительности. Перевод с немецкого с дополнения
... Ц. 30 к.



ущения климата и жизнь земли и народ

к.

работают часы. 47 стр. Ц. 10 к.

ера. Под ред. и с доп. **В. Г. Фесенко**

я магнитная аномалия. 60 стр. Ц. 50 к.

дг. к печ.).

звезды. 45 стр. Ц. 15 к.

е (подг. к печ.).

менениях. Ц. 3 к.

е и о том, как ее можно предвидеть. Из
ное, 76 стр. Ц. 60 к.

великое противостояние в августе 192

ласти астрономии. Ч. I. Фор

реформы. Ц. 20 к.

ия. Ц. 80 к.

основы материализма. Часть
Тимирязева. Выпуск 1. 178 с

емецкого с приложением спи
ры С. Шорыгина. Под редакци

тво, материя. Проблемы сов
ложении. Перевод с немецк
Шпольского. 106 стр. Ц. 75 к.

щедоступном изложении. Бесе
кета, Резерфорда, Содди, Фая
немецкого А. И. Смирнова,
стр. Ц. 80 к.

г. к печати).

ология). Перевод с немецк
предисл. и дополнением пр
ь просмотренное и дополнен

зм. Ц. 45 к.

НАЧАТКИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

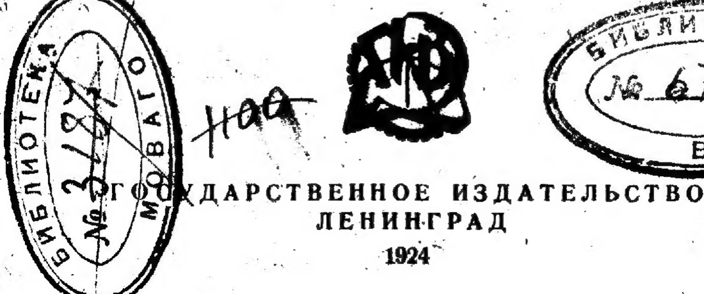
-3-

Дм. РОЙТМАН

# ОБЩЕДОСТУПНЫЕ ОЧЕРКИ ИЗ ОБЛАСТИ АСТРОНОМИИ

ЛУНА. СОЛНЦЕ. ПЛАНЕТЫ. КОМЕТЫ и ПАДАЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ. ЗВЕЗДНЫЕ МИРЫ. ПРОИСХОЖДЕНИЕ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ.

2-е издание под редакцией
проф. С. Н. Блажко




ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД
1924

Государственная типография
имени Евгении Соколовой,
Ленинград,
пр. Красных Командиров 29.

Заказ № 593.

Гиз. 4330. Печат. 10000 экз Ленинградский Гублит 11896.

# ОГЛАВЛЕНИЕ.

## ПРЕДИСЛОВИЕ КО 2-му ИЗДАНИЮ.

Настоящее издание, являющееся первым посмертным изданием книжки Дм. Ройтмана, как и 2-е издание первого выпуска „Очерков“, выпущенных под заглавием „Форма и движение Земли“, также выпускается под редакцией проф. С. Н. Блажко. Более значительные добавления и изменения, внесенные в текст, где это представилось возможным, вставлены между двух звездочек.

*Редакция.*

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ К 1-му ИЗДАНИЮ.

Настоящие очерки представляют собою продолжение двух очерков о форме и движении Земли, выпущенных в свет в 1907 году [1]). Как в изложении тех двух очерков, так и здесь я держался принципов, которые, по моему глубокому убеждению, должны быть руководящими при популяризации всякой отрасли знания, особенно если дело идет об изложении знаний в возможно простом, но в то же время связном и законченном виде перед

---

[1]) Второе издание 1922 г. „Популярно-Научная Библиотека“. I серия, № 1, под заглавием „Форма и движение Земли“.

почти или совершенно неподготовленной аудиторией в течение 1½ — 2 часов, назначенных на каждую беседу.

Беседа должна вестись так, чтобы аудитория следила за ней не пассивно, одним слухом и зрением, но мыслью (nachdenkend, по непереводимому меткому немецкому выражению), следила возможно живо и без особых усилий за развитием мысли лектора. Нужно сделать так, чтобы в течение всей беседы в уме слушателя последовательно возникал ряд важных или просто интересных вопросов, которые тут же получали бы пред ним достаточно убедительное разрешение. Одним словом нужно, чтобы шла настоящая беседа (Vortrag, как выражаются немцы), а не одностороннее чтение (не лекция по университетской манере не Vorlesung). Такая цель не может быть достигнута только сообщением или даже мастерским описанием фактов, как бы интересны ни казались они лектору (наиболее распространенная ошибка популяризаторов). Во всякой беседе непременно должен быть налицо логический элемент. Целью беседы должны быть принципы, руководящие идеи — эти движущие силы всякого знания. Слушатель должен уйти после беседы или с возможно твердо установленным взглядом на данный ряд явлений, или, по меньшей мере, с пробужденным идейным к нему интересом, но не с быстро гаснущим интересом простого любопытства. Поэтому факты должны быть подобраны возможно

строго проверенные и твердо установленные, в числе, лишь необходимом и достаточном для достижения цели, но никакое роскошествование в этом отношении недопустимо. Описанием фактов приходится ограничиваться лишь там, где в науке не имеется сколько-нибудь установленных воззрений на взаимную связь явлений и на их законы; всюду, где только возможно, факты должны служить именно для установления этой связи, для разъяснения этих законов. И если даже подготовка аудитории не допускает изложения научной обработки предмета (например, математической), то и в таком случае нужно стараться пользоваться всеми возможными способами (опытами, простыми арифметическими расчетами, разъяснением чисто-пространственных отношений) для наглядного раскрытия связи явлений и сущности управляющих ими законов.

Изложение своих бесед я старался вести в духе великого неподражаемого образца истинно-популярного и в то же время глубоко научного изложения, данного Галилеем в его „Разговорах о новой науке“ и „Разговорах о двух величайших системах мира“ (к сожалению, до сих пор не переведенных у нас). Это—доныне еще не превзойденный никем образец, где великий основатель современного рационального естествознания, излагая свои открытия, обращался не к преследовавшей его своею ядовитою ненавистью касте ученых профессоров и академиков, державшихся за Аристотеля и Птолемея,

но к широкой публике, еще не знавшей великих законов динамики и не освоившейся еще с новой Коперниковой системой мира.

Превосходное популярное изложение специально астрономии находим в книге О. Конта: „Traité philosophique d'Astronomie populaire", 1844. Здесь особенно ярко и гениально освещено развитие научного метода исследования явлений.

Как на некоторое приближение к этим великим образцам, я могу в области популярного изложения астрономии указать на талантливые рождественские чтения проф. Роберта Болля „Starland" („Страна звезд") и „The Beginning of the Earth" („Происхождение Земли"; обе книги имеются в русском переводе), на книгу проф. С. Ньюкома „Astronomy for Everybody" („Астрономия для всех" в переводе А. Р. Орбинского, 1905 г., изд. Mathesis), а также на известные „Очерки астрономии" Дж. Гершеля и „Астрономические вечера" Клейна. Последние три книги требуют от читателя более значительной подготовки, нежели книги Роберта Болля. Из книг К. Фламмариона, пользующихся, на мой взгляд, не вполне заслуженным распространением, я указал бы лишь на интересную „Histoire du ciel" („История неба"; есть плохой русский перевод 1875 года). В некоторых местах я следовал также оригинальным и остроумным статьям У. Дюринга, напечатанным в органе Дюринга

„Personalist und Emancipator“ („Klima der Planeten“, „Microastronomie“ и др.).

Уже приведенные только имена Болля и Ньюкома указывают на то, что хорошее популярное изложение, даже при наличности дара изложения, доступно лишь людям, вполне владеющим своим предметом и потому умеющим выделить из него и изложить общедоступно то, что составляет в нем главные факты, сущность, руководящую идею, принцип. Сочетание же полного, творческого обладания предметом с мастерским, гениально простым и в то же время глубоким его изложением встречается только у гениальных натур, вроде Галилея.

Поэтому, принимая во внимание трудности подлинно популярного изложения, пусть не посетует читатель на недостатки настоящих очерков, где каждый знакомый с предметом не найдет, конечно, ничего для себя нового, кроме разве подбора и группировки материала при освещении некоторых вопросов. Я сделал, что было в моих силах, и если бы не особенные условия русской народной аудитории, к которым чтения приспособлены, и не многократный успех этих чтений в публике, указывающий на то, что они не были бесполезными, я никогда не решился бы их печатать.

Каждая беседа представляет собою законченное целое и рассчитана на 1½—2 часа, включая 15—20-минутный перерыв и демонстрирование необходимых световых картин и опытов.

Вопросы физико-механического и математического характера (из них есть ряд таких, которые обыкновенно не трактуются в популярных книгах, подобных данной) изложены не отдельно, но в связи с изучением того или иного небесного светила. Так, в беседе III о Луне читатель найдет вопрос об определении небесных расстояний, о предвычислении затмений, о тяготении, как причине движения Луны, о способе сравнения масс Земли и Луны; в беседе IV о Солнце вопросы спектрального анализа и вычисление механического эквивалента теплоты (по Р. Майеру); в беседе о планетах историческое развитие планетной механики, законы Кеплера, арифметический вывод (точнее, поверку) закона Ньютона, понятие об определении масс планет и средней плотности Земли, разбор вопроса об обитаемости планет; в беседе о звездах изложение задачи об астрономическом счете времени, о построении календаря, об определении долгот и широт и вопрос о вероятном строении звездного мира; в беседе VI изложение космогонических воззрений Гершеля и Лапласа. При чтении, где невозможны ссылки на предидущие беседы, некоторые вопросы придется дополнять, перенося изложенное здесь из одной беседы в другую.

В заключение приношу глубокую благодарность Л. Г. Малису за ценные указания недосмотров, сделанные им при чтении рукописи и корректур.

Май, 1909. *Дмитрий Ройтман.*

I.

# О ЛУНЕ И О ЗАТМЕНИЯХ ЛУНЫ И СОЛНЦА

Луна (или месяц) — самое близкое к Земле небесное светило. Это — светильник, освещающий наши ночи. Без луны, без ее мягкого, серебристого света наши ночи много теряли бы в своей красоте. Астрономы — ученые, изучающие небесные светила, — назвали Луну спутником Земли, потому что она сопровождает землю в ее движении вокруг солнца. Близость Луны к Земле и позволила узнать сравнительно больше, чем для других небесных светил, о величине Луны, об устройстве ее поверхности, о том, есть ли на Луне воздух и вода, могут ли там обитать живые существа, подобные земным, и т. п. Посмотрим, как астрономы дошли до таких знаний о Луне.

Чтобы судить правильно о том, что такое Луна, нужно прежде всего узнать, как далека от нас Луна, как велико расстояние до нее. Только тогда мы можем судить и о том, как велика, напр., сама Луна. Первое точное измерение расстояния до Луны сделали в 1751 г. французские астрономы Ладанд (1732 — 1807) и Лакайль (1713 — 1762). Они постарались узнать и узнали, во сколько раз расстояние от центра (срединной точки) Земли до центра Луны больше поперечника Зем-

ного шара. Оказалось, что приблизительно в 30 раз. А так как было известно уже, что поперечник земного шара содержит, приблизительно, 12.000 верст [1]), то, значит, расстояние от Земли до Луны равно, приблизительно, 360.000 верстам. Это — самое малое расстояние из всех, какие мы знаем для небесных светил; но и оно так велико, что поезд, пробегающий 100 верст в час, должен был бы итти до Луны безостановочно около пяти месяцев. Но как же, каким способом могли измерить такое огромное расстояние? Чтобы познакомиться немного с этим интересным вопросом, опишем устройство одного простого астрономического инструмента, который служит для измерения углов.

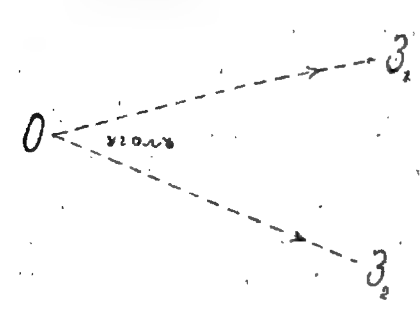



Рис. 1. Угол между пересекающимися прямыми.

Угол образуется при пересечении двух прямых различного направления. Например, если я гляжу сначала на один предмет (скажем, на звезду), а потом на другой (на другую звезду), то

---

1) См. Ройтман, „Форма и движение". Гос. Изд. 1922.

те направления, по которым я вижу два предмета,

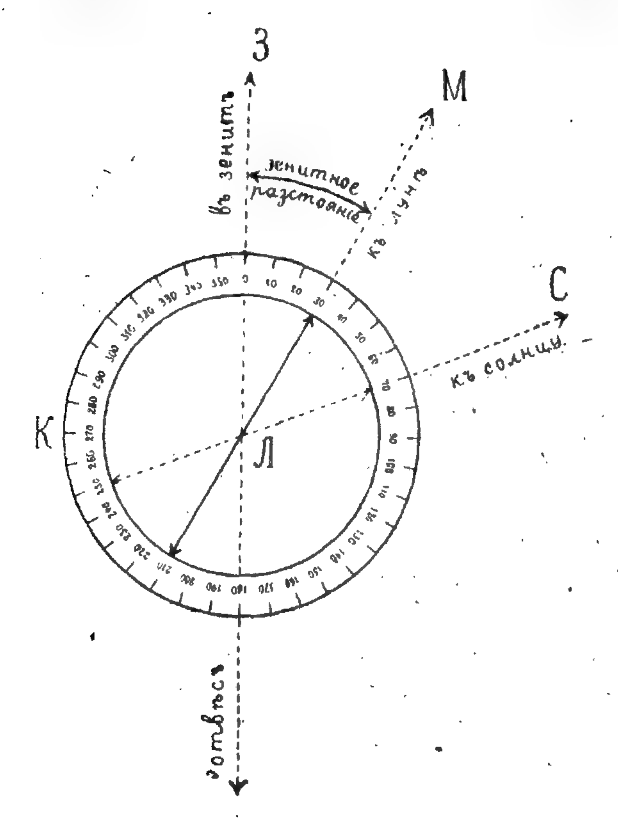



Рис. 2. Прибор для измерения углов.

пересекаются внутри моего глаза и образуют между собою некоторый угол. Это изображено на рис. 1.

Здесь буквой *О* обозначен глаз, *ОЗ*$_1$ есть направление на первую звезду, *ОЗ*$_2$—направление на вторую звезду; тогда *З*$_1$*ОЗ*$_2$ будет угол между двумя направлениями, при чем эти направления пересекаются в точке *О* внутри глаза. Чем более расходятся между собою два направления, тем больше будет угол между ними, и углы можно сравнивать по величине и измерять. Для точного измерения углов употребляют разделенные круги.

На рис. 2 изображен такой круг *К*. Окружность круга разделяется на 360 равных частей. Каждая такая часть называется градусом. В центре круга укреплена линейка *Л*, которая вращается вокруг этого центра и указывает направление на предмет. Положим, что наш круг *К* расположен так, что деление 0 (нуль) градусов очутилось наверху, а деление 180 градусов внизу; значит, если линейку поставить на нулевое деление, то она будет иметь отвесное направление, по линии *ЛЗ*. Тогда говорят, что линейка направлена в зенит (на главную точку). Теперь направим линейку на какой-нибудь предмет *М* (например, на центр Луны). Пусть она остановится против деления 30 градусов. Тогда говорят, что угол между отвесной линией *ЛЗ* и направлением на Луну *ЛМ* равен 30 градусам. Положим еще, что после того мы направили линейку *Л* на центр Солнца, по линии *ЛС*, и она остановилась против деления 70 градусов; тогда можно сказать, что угол между направлениями на центр Солнца и на центр Луны равен 40 градусам (70 без

30) и т. д. Значит, с помощью разделенного круга можно измерить угол между любыми двумя различными направлениями. Если хотят производить еще более точные измерения углов, то каждый градус делят на 60 равных частей, называемых минутами, а каждую минуту еще на 60 равных частей, называемых секундами. Астрономам приходится производить такие точные измерения углов, что они должны иногда отсчитывать даже каждую десятую долю секунды. Заметим еще, что угол между направлением отвесной линии и направлением на предмет называется зенитным расстоянием этого предмета. Так, например, на рис. 2 угол *ЗЛМ* есть зенитное расстояние центра Луны; угол *ЗЛС* есть зенитное расстояние центра Солнца. Теперь опишем астрономический прибор, с помощью которого можно измерить расстояние до Луны.

Прибор изображен на рис. 2 bis. Для нашей цели его главною частью служит разделенный круг *К* с линейкою *Л*, указывающей направление на предмет. Круг этот должен располагаться отвесно и не вращаться, вращается только линейка *Л*, насаженная на ось *ЛГ*, пропущенную внутри муфты *О*, которая скреплена неподвижно с кругом *К*. На другом конце оси прикреплена подзорная труба *Т*, которую и направляют на предметы. Когда труба направлена прямо вверх, по отвесу (или в зенит), то линейка *Л* указывает на 0 (нуль) градусов. Кроме того, труба *Т* вместе с осью

*ГЛ* и кругом *К* может вращаться вокруг отвесной оси *OB*, так что, значит, трубу можно направить на любой предмет по любому направлению: нужно только надлежащим образом повернуть всю верхнюю часть прибора вокруг оси *OB*, а трубу (с линейкой *Л*) вокруг оси *ГЛ*. На рис. 2 bis труба направлена на центр Луны, линейка *Л* указывает деление 30 градусов. Значит, зенитное расстояние центра Луны равно 30 градусам. Чтобы установить ось *OB* строго по отвесу, на верху прибора прикреплен у р о в е н ь (ватерпас) *У*. Тремя винтами, на которых стоит весь прибор, надо действовать так, чтобы пузырек стоял посредине уровня. Тогда ось *OB* будет стоять точно по отвесу, а ось *ГЛ*, идущая под прямым углом к оси *OB*, будет стоять г о р и з о н т а л ь н о (совершенно ровно, как прямая палочка, плавающая на поверхности спокойно стоящей воды). При помощи описанного прибора астрономы

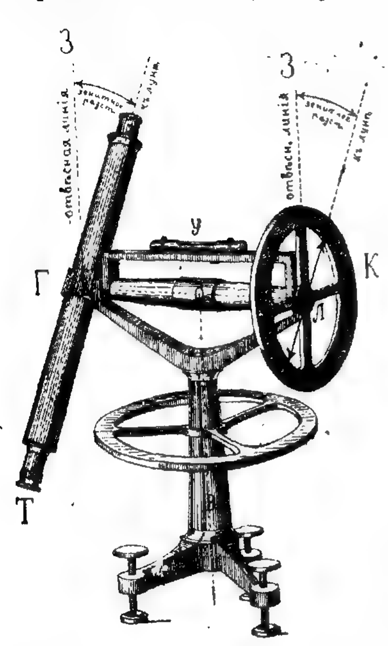



Рис. 2 bis. Прибор для измерения углов.

Лаланд и Лакайль и определяли зенитные расстояния центра Луны с двух различных и удаленных друг от друга мест Земли, а с помощью их измерили лунное расстояние. Посмотрим, как они сделали это.

Артиллеристы давно уже умеют измерять расстояние до неприятельского лагеря, не подходя к самому лагерю. Это им нужно для прицела. Они поступают так. Возле **своего** лагеря они измеряют какую-нибудь прямую линию *АБ*, скажем, в 200 сажен длины. Один артиллерист становится с угломерным снарядом (например, с астролябией) на конце *А*, другой—на конце *Б*; первый измеряет угол между направлением линии *АБ* и направлением линии *АЛ* на какую-нибудь точку неприятельского лагеря *Л*. Пусть вышел угол в 80 градусов

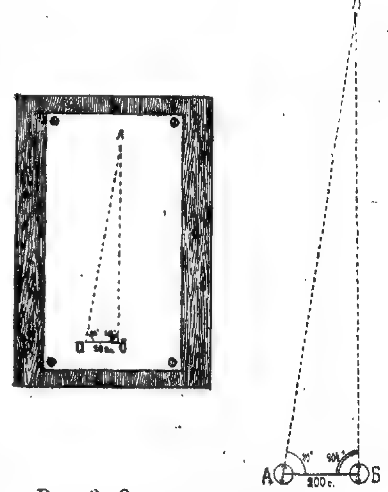


Рис. 3. Определение расстояния до недоступного предмета.

(см. рис. 3). Другой измеряет угол между направлением *БА* и направлением *БЛ*. Пусть вышло $90^1/_2$ градусов. Теперь не трудно уже узнать, **во сколько раз**, например, длина *БЛ* больше длины линии *АБ*, т.-е. 200 сажен.

Для этого на листе бумаги (см. слева на рис. 3) проводят линию *аб*, скажем, в 20 дюймов и условливаются, что каждый дюйм изображает 10 сажен, а вся линия *аб* — 200 сажен, т.-е. линию *АБ*. Затем при точке *а* чертят угол *бал* в 80 градусов, при точке *б* — угол *абл* в $90^1/_2$ градусов. Линии *ал* и *бл* при пересечении дадут точку *л*, и эта точка изобразит нам точку *Л* в неприятельском лагере. Смерим теперь длину линии *бл* на бумаге. Окажется, приблизительно, 120 дюймов. Значит, линия *бл* в 6 раз длиннее линии *аб*. Поэтому и линия *БЛ* в натуре тоже в 6 раз длиннее линии *АБ*, или 200 сажен. Значит, расстояние до неприятельского лагеря *БЛ* равно 200×6, или 1.200 саженям. Подобно этому поступают и астрономы для измерения лунного расстояния.

Лаланд и Лакайль условились так. Один производил измерения в Берлине (столице Германии), другой на мысе Доброй Надежды (на южной оконечности Африки). Два места были выбраны так, чтобы одно было точно к северу от другого, а второе точно к югу от первого или, как говорят, на одном меридиане, и поэтому полдень наступал в этих местах одновременно. Два места наблюдения были очень отдалены друг от друга, на расстояние около 9000 верст. В ночь 6 декабря 1751 года, в один и тот же момент, Лакайль и Лаланд измерили, каждый в своем месте, зенитное расстояние центра Луны. На рис. 4 изображен слева земной шар. Точка *Ц* есть центр Земли,

*Б.* место наблюдения Лаланда, *Д. Н.* место наблюдения Лакайля. Отвесная линия в месте *Б.* будет *ЦБ.З*, месте *Д. Н.* — *Ц Д. Н.* $З_1$. Обе эти линии д о л ж н ы пройти через центр Земли. Угол *ЗЦ*$З_1$ между обеими отвесными линиями получался около 86½ градусов. Буквой *Л* справа на рис. 4 обозначена Луна. Лаланд измерил зенитное расстояние ее центра, т.-е. угол *ЗБ.Л* и нашел его равным, приблизительно, 41¼ градусам. Лакайль в тот же момент измерил у себя зенитное рас-

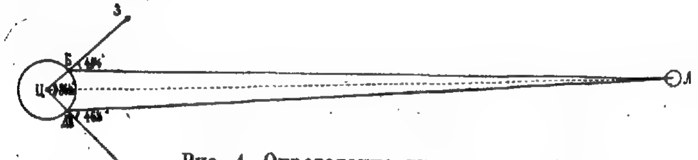



Рис. 4. Определение лунного расстояния.

стояние центра Луны $З_1$*Д.Н.Л* и нашел его равным, приблизительно, 46½ градусам. После этого оставалось только начертить на бумаге четыреугольник *Б.ЦД.Н.Л* с теми же точно углами, какие были получены из измерений, и вычислить, во сколько раз расстояние *ЦЛ* больше расстояния *ЦБ*, т.-е з е м н о г о р а д и у с а. Оказалось п о ч т и в 60 р а з. Значит, расстояние между центрами Земли и Луны содержит, приблизительно, 60 земных радиусов, или 30 земных диаметров (поперечников), т.-е. около 360.000 верст, так как поперечник земного шара содержит около 12.000 верст.

После этого уже не трудно было измерить величину самой Луны. Дело вот в чем.

Один и тот же предмет кажется нам то больше, то меньше, смотря по тому, ближе он к нам или дальше от нас. Чем предмет ближе к нам, тем под большим углом мы его видим и тем больше кажется он нам. Например, шар *Л* (см. рис. 5) кажется с точки *О*

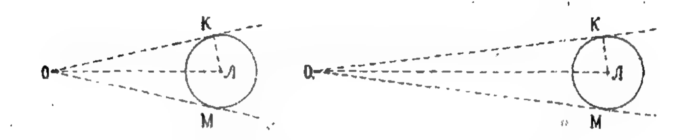



Рис. 5. Кажущаяся величина предмета.

больше, чем тот же шар *Л* с точки $O_1$, так как он ближе к *О*, чем к $O_1$. Угол *КОМ*, под которым шар виден с точки *О*, больше угла $KO_1M$, под которым шар виден с точки $O_1$. И вот по величине этого угла можно вычислить, во сколько раз радиус шара *ЛК* меньше расстояния *ОЛ* от точки *О* (или $O_1$) до центра шара. Для Луны этот угол оказывается немного больше полуградуса (32 минуты), и поперечник Луны выходит, приблизительно, в 110 раз меньше лунного расстояния, а именно около 3.300 верст, несколько больше четверти поперечника земного шара. Отсюда можно вывести, что объем Луны, если ее считать, как Землю, за шар, приблизительно, в 50 раз меньше объема Земли. А что мы должны считать Луну шарообразной, как и Землю, это мы сейчас увидим.

Каждый знает, что Луна бывает видна в разное время различной по форме. То мы видим ее в форме тонкого **серпа** по вечерам на западе, тотчас после заката Солнца, то в виде **полукруга**, то в виде почти полукруга (**горбушка**), то в виде **полного круга**, когда она восходит при закате Солнца, то опять в виде серпа уже на востоке перед восходом Солнца, то она совсем скрывается. Когда Луна скрывается вовсе, говорят, что наступило новолуние. После

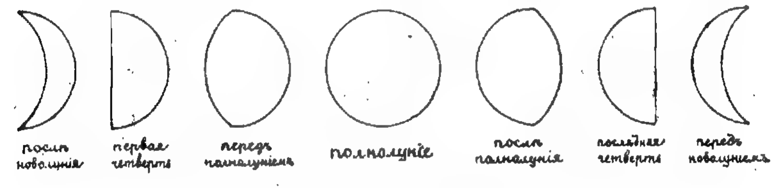



Рис. 6. Фазы (виды) Луны.

того Луна появляется в виде тонкого серпа по вечерам на западе после заката Солнца (**новая Луна**). Постепенно серп расширяется и через неделю приблизительно после новолуния становится полукругом. Говорят, наступила **первая четверть** (см. рис. 6). Далее светлая часть поверхности Луны еще увеличивается, становится выпуклой и с другой стороны (**горбушка**) и через неделю после первой четверти становится полным кругом. Говорят, наступило **полнолуние**. После полнолуния светлая часть начинает убывать, но уже с другого края Луны, и через неделю опять становится

полукругом. Это — последняя четверть. После того Луна опять делается видна в виде серпа, а через неделю после последней четверти скрывается совсем (новолуние). От новолуния до новолуния проходит $29^1/_2$ суток.

Как же объяснить, почему Луна принимает различные формы? Это объясняется тем, что Луна шарообразна и что она не имеет собственного света, но освещается

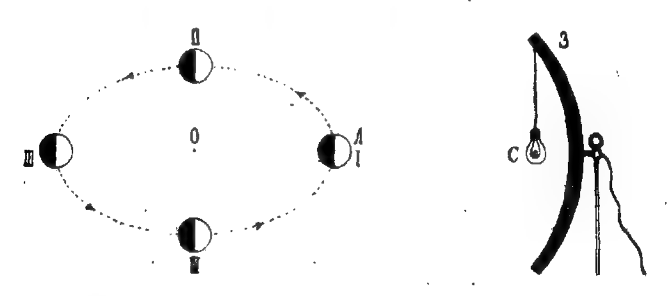



Рис. 7. Объяснение фаз Луны.

Солнцем. Она будет освещена различно, смотря по тому, в каком положении будет относительно Земли и Солнца. Вообразите себе, что на рис. 7 лампочка *С* изображает Солнце и отбрасывает от зеркала *З* параллельные лучи на мяч *Л*, изображающий Луну. Мяч движется вокруг глаза наблюдателя, изображенного точкой *О*. В положении *I*, когда мяч находится между лампой и глазом, к глазу обращена темная неосвещенная часть мяча. Положение *I* изображает новолуние. Наоборот, в положении *III*, когда глаз находится между мячом и

лампой, к глазу обращена светлая половина мяча. Положение *III* изображает полнолуние. В положениях *II* и *IV* глаз увидит половину видной ему поверхности мяча в свету, половину — в тени, т.-е. увидит как бы первую и последнюю четверть Луны. Между положениями *I* и *II* или *IV* и *I* освещенная часть мяча будет казаться в виде серпа, а между положениями *II* и *III* или *III* и *IV*—в виде горбушки.

Таково объяснение различных форм Луны. Эти формы называются ф а з а м и Луны. Если бы Луна не была темным шаром, мы не наблюдали бы у нее таких фаз, какие наблюдаем.

Смена фаз Луны показывает, что Луна движется вокруг Земли. Но это движение можно легко заметить и прямо, наблюдая положение Луны среди звезд. Если в одну из ночей мы заметим, что Луна была близка к какой-нибудь яркой звезде, то на следующую ночь в тот же час мы увидим, что Луна уже далеко отодвинулась от той же звезды к в о с т о к у. Измерив угол между направлениями на звезду и Луну, найдем, что Луна отодвинулась к востоку от звезды на 13 градусов или, приблизительно, на 24 собственных диаметра (поперечника). Следовательно, уже за час Луна передвигается к востоку, приблизительно, на величину своего диаметра. Следя за Луной день за днем, мы увидим, что центр ее опишет на небесном своде полный круг, и, приблизительно, через 27 суток и 8 часов Луна возвращается в прежнее свое положение среди звезд. Дви-

гаясь по небосводу, Луна покрывает ряд звезд. Эти звезды вместе с другими, рядом с ними лежащими, еще древние наблюдатели разделили на двенадцать созвездий и назвали созвездия **созвездиями Зодиака** [1]).

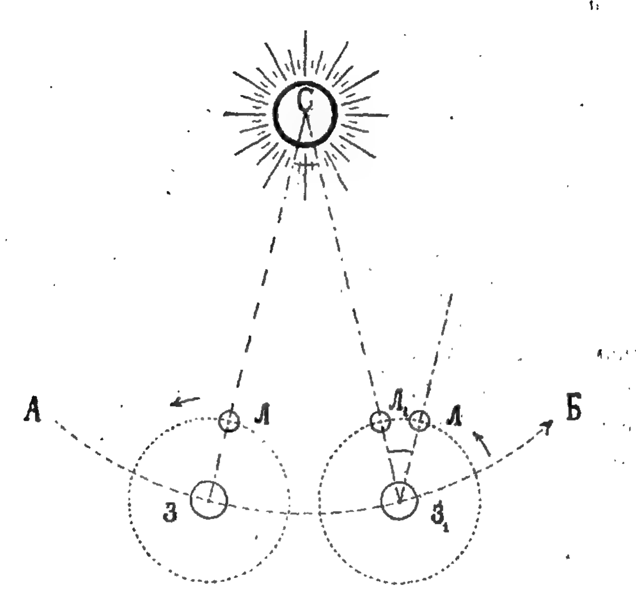



Рис. 8. Запаздывание новолуния.

Значит, Луна совершает полный оборот вокруг земного шара, приблизительно, в $27^1/_3$ суток. Но мы видели,

[1]) См об этих созвездиях II беседу в книжке „Форма и движение Земли". Госиздат. 1922.

что новолуние (или полнолуние, или другая одинаковая фаза) наступает не через $27^1/_3$, а через $29^1/_2$ суток. Почему же новолуние запаздывает на двое слишком суток? Потому, что сама Земля движется вокруг Солнца и совершает полный оборот в течение, приблизительно, $365^1/_4$ суток. На рис. 8 представлено объяснение запаздывания лунных фаз. Буквой *С* обозначено Солнце, круг, *АБ* есть путь Земли вокруг Солнца, меньший круг, описанный вокруг Земли, есть путь Луны. Положим что, когда Земля была в положении *З*, Луна была в новолунии, в положении *Л*, между Землей и Солнцем. Через месяц приблизительно, точнее, через $27^1/_3$ суток, Луна опишет вокруг Земли полный круг (в направлении, указанном стрелкой) и снова придет в точку *Л*, но Земля за это время передвинется, приблизительно, на $^1/_{13}$ своего пути вокруг Солнца (в том же направлении, как и Луна) и станет в положение $З_1$. Направление на Луну $З_1Л$ останется прежнее (параллельное *ЗЛ*), но направление на Солнце $З_1С$ будет уже иное, чем прежде (*ЗС*). Поэтому Луна уже не будет теперь в новолунии, на одной линии с Землей и Солнцем. Чтобы стать на эту линию, Луне нужно передвинуться на некоторый угол вокруг Земли в направлении, указанном стрелкой. На такое передвижение потребуется, приблизительно, $^1/_{13}$ времени полного оборота, т.-е. несколько больше 2 суток, и потому новолуние наступит не через $27^1/_3$ суток после предыдущего новолуния, но через $29^1/_2$.

Движение Луны среди созвездий Зодиака было известно в глубокой древности. По движению Луны многие народы, а мусульмане и до сих пор, вели счет времени и летосчисление. От новолуния до новолуния проходит почти месяц времени. Считали один месяц в 29 дней, другой — в 30 дней и из 12 месяцев составляли год; такой год, однако, содержал только 354 сутки вместо $365^1/_4$ и потому не согласовался с течением времен года.

Промежуток времени между двумя новолуниями ($29^1/_2$ суток) был назван лунным месяцем, а промежуток времени между двумя возвращениями Луны к одной и той же звезде — звездным месяцем ($27^1/_3$ сут.). Звездный месяц и есть время одного полного оборота Луны вокруг Земли, между тем как за один лунный месяц Луна делает больше одного полного оборота ($1^1/_{13}$).

При движении Луны вокруг Земли происходят время от времени замечательные явления. Это затмения Луны и Солнца. Затмение Луны состоит в том, что при полнолунии, хотя небо бывает совершенно ясно и чисто от облаков, Луна начинает погружаться в какую-то тень круглой формы, скрывается совершенно иногда на два часа слишком, а потом опять выходит постепенно из тени и сияет прежним своим ярким светом.

Как происходит явление, изображено на рис 9. Луна, двигаясь с запада на восток (справа налево), начинает погружаться в тень восточным своим краем.

Для нас это будет **левый** край, так как мы видим Луну всегда в южной половине неба. Что здесь мы имеем дело уже не с фазами Луны, а с каким-то другим явлением, видно ясно, если сравнить рис. 9 с рис. 6. На рис. 6 граница между светлой и темной частью лунной поверхности загибается гораздо круче, имеет бо́льшую кривизну, чем на рис. 9. Значит, граница света и тени на рис. 9 происходит от какого-то другого тела, а не от формы поверхности самой Луны.

Затмение Солнца изображено на рис. 15 (стр. 39);

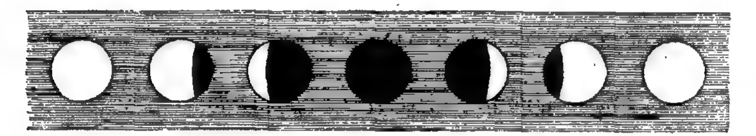


Рис. 9. Затмение Луны.

оно состоит в том, что в совершенно ясную погоду, при полном солнечном освещении, на Солнце внезапно с западной его стороны (правой для нас) надвигается какое-то круглое тело, на взгляд такой же величины, как само Солнце, иногда закрывает его совсем на 1—2, иногда больше на 5—6 минут; наступает темнота, и иной раз бывают видны даже звезды, как в сумерки перед наступлением ночи, а затем темное тело постепенно сдвигается на восток, и Солнце снова сияет полным своим светом.

Еще и теперь некоторые народы думают, что во время затмения Луну или Солнце глотает какое-то чудо-

вище — дракон. Негры в Африке и жители Туркестана и теперь во время затмения Луны стараются производить страшный шум и крик, думая этим напугать чудовище и заставить его отдать назад Луну. Но уже в древности люди поняли, в чем дело, перестали верить россказням и научились даже предсказывать наперед, когда должно случиться затмение Луны или Солнца. Посмотрим, как они дошли до этого.

Прежде всего они заметили, что солнечное затмение всегда случается в новолуние, а лунное — в полнолуние. Иначе никогда не бывает. Уже из этого одного стало ясно, что затмения имеют связь с движением Луны вокруг Земли. Как только заметили это, нашли и правильное объяснение затмений и перестали верить в драконов. Явление происходит так.

Солнце, Земля и Луна имеют форму шара, при чем Солнце гораздо больше Земли, а Земля — больше Луны. Земля и Луна — тела темные и освещаются Солнцем. Как всякие темные тела, Земля и Луна отбрасывают тени в сторону, противоположную той стороне, где находится Солнце. Эти тени должны иметь вид сходящихся конусов. Они-то и производят затмение Луны и Солнца. Рисунок 10 объясняет, в чем дело.

Буквой *С* на рисунке обозначено Солнце, буквой *З* — Земля, буквами *Л* и $Л_1$ — Луна во время полнолуния и новолуния. Круг около Земли обозначает путь, по которому движется Луна, или орбиту Луны. Лучи Солнца

облекают со всех сторон шарообразное тело Земли, и Земля отбрасывает тень в виде сходящегося конуса *ОДЕ*. Эта тень очень длинна. Вершина конуса *О* удалена от центра Земли почти на $1^1/_2$ миллиона верст. Вот почему Луна, которая находится только на расстоянии 360.000 верст от Земли, т.-е. вчетверо ближе конца тени, во время полнолуния может погрузиться в тень Земли, и тогда произойдет затмение Луны. Это произойдет непременно во время полнолуния, так как только во время полнолуния Луна находится по другую сторону Земли, чем Солнце, т.-е. находится в области земной тени. Ширина тени в том месте, где проходит Луна, в $2^2/_3$ раз больше лунного диаметра (поперечника), поэтому иногда Луна скрывается в земной тени несколько часов.

Во время новолуния Луна $Л_1$ проходит между Землей и Солнцем, и тогда может случиться, что тень Луны достигнет земной поверхности и покроет небольшую часть ее *аб*. В этой части и произойдет полное солнечное затмение. Тень от Луны на Земле, как и сама Луна, будет двигаться с запада на восток, и потому затмение Солнца начнется в западных странах, а кончится в восточных, например, может начаться на берегу Атлантического океана в Америке, а окончиться в Европе или Африке. По рис. 10 можно заключить и о разнице между лунным и солнечным затмениями. Лунное затмение начинается и кончается сразу, в один момент, для всей той половины земной поверхности, где его можно

видеть (на рис. 10 это будет вся затененная ночная часть земной поверхности). Солнечное же затмение в известный момент наступает только для небольшой части земной поверхности, на которую падает тень Луны. Эта часть бывает не больше 200 — 300 верст в ширину. Таково объяснение лунных и солнечных затмений.

Судя по нашему объяснению, можно было бы думать, что каждый месяц должно случаться два затмения: одно лунное — в полнолуние, другое солнечное — в новолуние.

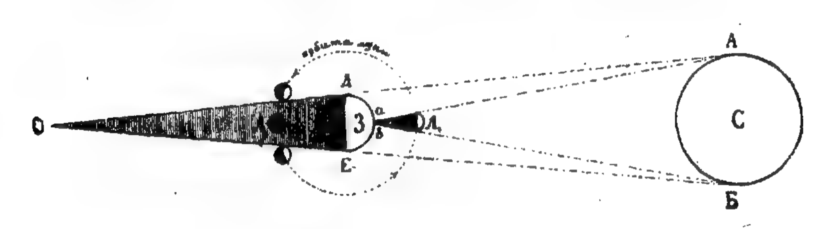



Рис. 10. Объяснение затмения Луны и Солнца.

Но на самом деле затмения не случаются так часто; наоборот, это довольно редкие явления, в особенности полные затмения Солнца. Посмотрим, почему затмения случаются не каждый месяц, и что требуется для того, чтобы затмение наступило.

Мы знаем уже, что Земля движется вокруг Солнца в течение года и что центр ее описывает почти круговую линию. Так как мы окружены звездами и не замечаем своего движения вместе с Землей, то нам кажется, что Солнце в течение года передвигается по

небосводу и покрывает ряд звезд. Эти звезды расположены на небе по кругу и вместе с другими звездами, рядом с ними лежащими, образуют двенадцать созвездий Зодиака. На каждый месяц приходится по одному созвездию. Если бы мы могли перенестись на Солнце и наблюдать оттуда за движением Земли, то мы увидели бы, что тень Земли в течение года передвигается также

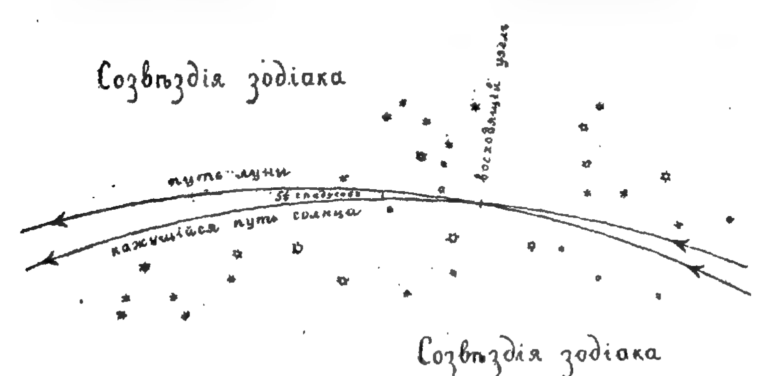



Рис. 11. Путь Луны и Солнца среди звезд.

среди двенадцати созвездий зодиака. Это те же самые созвездия, среди которых в течение $27^1/_3$ суток передвигается Луна (см. стр. 26), но только центр Луны движется не по той линии, по которой кажущимся образом движется центр Солнца. Эти две линии на небе не совпадают. Они пересекаются, и между ними имеется угол в 5 с четвертью, приблизительно, градусов. Это изображено на рисунке 11.

Путь Луны и кажущийся путь Солнца на небосводе представляют собою полные круги и опоясывают все небо. Поэтому они пересекаются не в одной, а в двух точках. Эти точки называются *узлами*, один *восходящим*, другой *нисходящим*. На рис. 11 изображен восходящий узел. Здесь Луна начинает подниматься над линией движения Солнца к северу.

Теперь мы можем объяснить себе, почему затмения должны случаться не в каждое полнолуние и новолуние. Возьмем лунное затмение, которое случается всегда в полнолуние. Кажущийся путь Солнца будем называть *эклиптикой*, а путь Луны — *орбитой Луны*. Тень, отбрасываемая Землей, при годовом движении Земли движется вдоль эклиптики. Значит, и Луна, если должно случиться затмение, должна во время полнолуния находиться на эклиптике или близко возле нее. В противном случае, Луна пройдет выше или ниже земной тени и не затмится. Но когда же Луна бывает на эклиптике или возле нее? Очевидно, тогда, когда она проходит через узел (восходящий или нисходящий) или находится вблизи узла. Значит, чтобы наступило затмение, нужно не только полнолуние, но нужно еще, чтобы во время этого полнолуния Луна была близка к одному из узлов. А эти два события не каждый раз совпадают. В самом деле, положим, что в одно какое-нибудь полнолуние Луна была как раз в одном из узлов, и наступило полное лунное затмение. Через $27^1/_5$ суток Луна, сделав почти полный оборот вокруг Земли, снова

придет к тому же самому узлу, а полнолуние не наступит. Мы объяснили, что полнолуние, по причине движения самой Земли, должно запаздывать на двое слишком суток и случается только через $29^1/_2$ суток. Поэтому, когда наступит полнолуние, Луна уйдет из своего узла, будет выше или ниже эклиптики, выше или ниже земной тени; значит, затмение может и не случиться. В следующее полнолуние она окажется еще дальше от узла

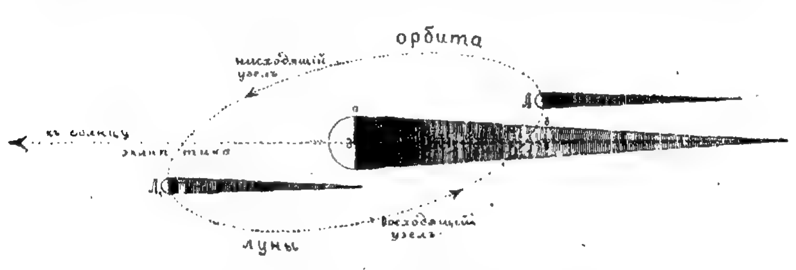



Рис. 12. Новолуние и полнолуние вдали от узлов.

и т. д. Все, сказанное о лунном затмении, а также и о солнечном, пояснено еще иначе на рисунках 12 и 13.

На рис. 12 изображено положение Луны и Земли, самое неблагоприятное для затмения Луны и Солнца. Во время полнолуния Луна *Л* оказалась в наибольшем удалении от эклиптики и находится выше ее; во время новолуния Луна $Л_1$ оказалась также в наибольшем удалении от эклиптики и находится ниже ее. Это наибольшее удаление достигает у Луны 32 тысяч верст, между тем как полупоперечник или радиус Земли *(За)*

содержит только 6 тысяч верст, а радиус того места земной тени, куда погружается Луна (*об*), — только около 4.300 верст. Отсюда и видно, что во время новолуния тень от Луны не может здесь упасть на поверхность Земли, и потому не случится солнечного затмения,

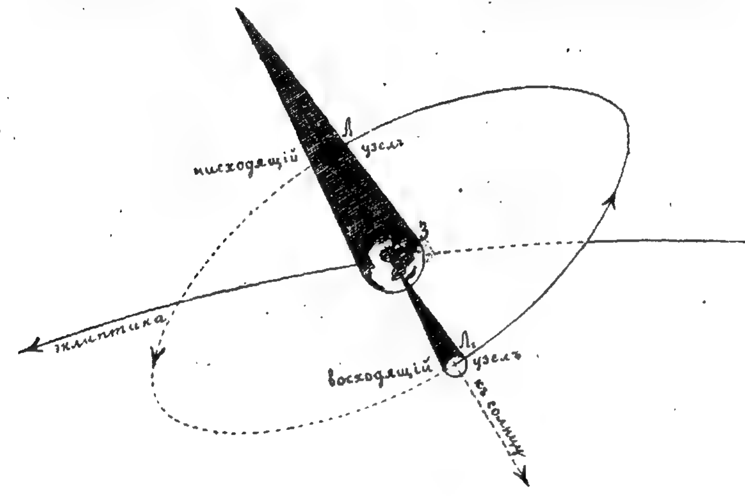



Рис. 13. Новолуние и полнолуние вблизи узлов.

а во время полнолуния Луна не попадает в тень Земли, и потому не случится лунного затмения.

Посмотрим, что произойдет, приблизительно, через три месяца. Это изображено на рис. 13.

Земля, двигаясь вокруг Солнца, опишет около четверти полного круга. Луна, сделав три оборота вокруг Земли, в новолуние окажется, положим, почти в восходящем

узле $Л_1$ или в полнолуние — в нисходящем узле $Л$. Тогда в новолуние тень от Луны упадет на поверхность Земли, и случится полное солнечное затмение, а в полнолуние Луна погрузится в тень Земли, и случится полное лунное затмение.

Лучше всего вы поймете все, что здесь было сказано о затмениях, если сами изобразите движение Луны и Земли вокруг Солнца при помощи лампы, глобуса и небольшого мячика. Лампа на столе изобразит Солнце, глобус — земной шар, а мяч — Луну. Глобус надо двигать по столу вокруг лампы, так что его центр будет находиться всегда на одном и том же расстоянии от поверхности стола; мяч надо двигать вокруг глобуса так, чтобы он описывал меньший круг, чем глобус, и притом еще так, чтобы круг этот был наклонен к поверхности стола, и мяч находился то выше, то ниже над этой поверхностью. Тогда вы и увидите, что, когда мяч, например, приходится между лампой и глобусом и должен изображать новолуние, его тень не всегда падает на глобус. Иногда мяч при таком положении находится как раз или почти как раз на линии, соединяющей центр глобуса с источником света; тогда тень мяча падает на поверхность глобуса. Иногда же мяч, при подобном же положении, приходится выше или ниже упомянутой линии, и тень его проходит мимо глобуса. Чтобы опыт удался, нужно брать мяч (или просто шарик) поменьше, а лампу такую, чтобы у нее поверхность, испускающая лучи, была шире, чем попе-

речник шарика, тогда тень его будет сходящийся конус.

Лучше всего лампа с абажуром из молочного стекла в форме шара.

Теперь мы можем нарисовать себе более точно картину лунного и солнечного затмения.

На рис. 14 изображен ход лунного затмения. Цифрами 1, 2, 3, 4 обозначены различные положения движущейся тени Земли. Зачерченные большие кружки изображают именно то место тени, куда при затмении погружается

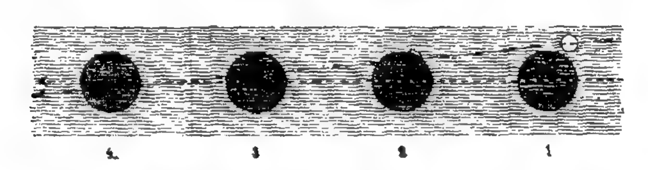



Рис. 14. Ход лунного затмения.

Луна. Луна изображена малым кружком, который движется наклонно к пути земной тени. В положении 1-м Луна еще видна вся полным светлым кругом, как это и бывает всегда в полнолуние; в положении 2-м часть Луны уже погрузилась в тень; в положении 3-м средина полного затмения; в положении 4-м затмение кончается; после этого Луна уже начнет выходить из тени и вскоре появится вся, опять в виде полного светлого круга. Хотя тень Земли тоже движется в ту же сторону, как и Луна, Луна не может все время оставаться внутри тени, так как Луна движется быстрее земной тени.

Иногда во время полнолуния Луна бывает так далека от узла (и от эклиптики), что не вполне погружается в тень Земли, а только частью задевает ее, как это, например, изображено на рис. 14, цифра 2. Такое затмение называется частным.

На рис. 15 изображен ход солнечного затмения. Цифрами 1, 2, 3, 4 изображены 4 положения Луны и Солнца. Белый кружок — Солнце, черный кружок, почти одинаковой величины с белым, — Луна; положение

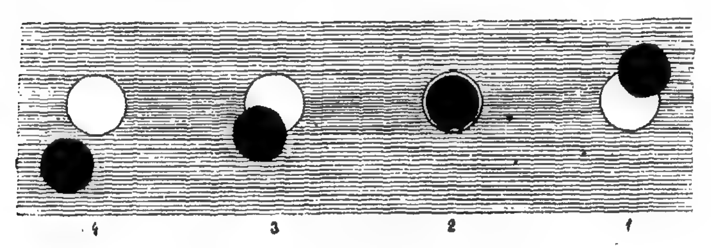



Рис. 15. Ход солнечного затмения.

1-е изображает начало затмения, когда темный круг Луны начинает надвигаться на Солнце; положение 2-е — средина затмения, когда центры кругов Луны и Солнца совпадают; положение 4-е — конец затмения. Когда Луна нам кажется по величине большей или равной Солнцу, она в средине затмения совершенно закрывает Солнце, тогда бывает полное солнечное затмение. Если же Луна кажется меньше Солнца, то она в средине затмения закроет только среднюю часть Солнца и оставит незакрытым еще тонкое светлое кольцо, как это изобра-

жено на рис. 15 цифрою 2. Такое затмение называется **кольцеобразным**. Луна может казаться нам то больше, то меньше потому, что она бывает то ближе к нам, то дальше от нас. Земля не находится в центре лунной орбиты, и самая орбита Луны не представляет точного круга.

Посмотрим теперь, как еще древние астрономы научились предсказывать наперед наступление затмений. Мы объяснили, что для того, чтобы наступило затмение, нужны два условия: 1) нужно, чтобы случилось новолуние или полнолуние; 2) нужно, чтобы во время новолуния или полнолуния Луна находилась вблизи эклиптики, вблизи одного из своих узлов. К новолунию или полнолунию Луна возвращается через $29^1/_2$ суток, а к одному и тому же узлу через $27^1/_3$ суток, отчего и происходит, что не во всякое новолуние и полнолуние случается затмение. Но еще древние заметили, что затмения повторяются в одном и том же порядке через каждые 18 лет и 10 или 11 дней. Этот период времени они назвали **сарос** и по записям прежних затмений установили, что в каждый сарос всегда бывает 41 солнечное затмение и 29 лунных. Почему же происходит такое повторение затмений? Вот почему. Сарос содержит 6.585 суток. За это время Луна вернется к новолунию или полнолунию почти ровно 223 раза, а к каждому из узлов почти ровно 242 раза. Значит, если в какое-нибудь новолуние Луна находилась, скажем, как раз в своем восходящем узле, и случилось солнечное затме-

ние, то через 6.585 суток будет то же самое, опять случится солнечное затмение. Поэтому, зная продолжительность сароса, можно предсказывать затмения наперед, т.-е. указать день их наступления.

Теперь, когда астрономы точно изучили движение Луны, предсказывается не только день затмения, но его часы и минуты. Для солнечного же затмения точно указываются места, по которым пройдет пятно лунной тени, и где будет видно полное затмение Солнца. Астрономы готовятся к этому событию и посылают в места, где будет видно затмение, наблюдателей с инструментами. Делают это потому, что во время полного солнечного затмения можно видеть особенные явления на поверхности Солнца, которые при обыкновенных условиях видеть нельзя.

Есть одна немецкая книга „Канон затмений", в которой немецкие астрономы вычислили затмения и сделали чертежи для них на 3.000 лет вперед и на 2.000 лет назад от нашего времени.

Отсюда видно, как важно знать для нас порядок, по которому происходят явления природы, знать законы этих явлений. Мы тогда не только умеем объяснить себе правильно эти явления, но и предсказывать их наперед. Пока не знали законов движения Луны, не умели не только предсказать, но даже объяснить правильно причины затмений; думали, что в них скрывается что-то чудесное, сверхъестественное; какие-то драконы, чудовища глотают Луну и Солнце. Как

только поняли, в чем дело, узнали порядок движения Луны и Солнца, перестали поддаваться суевериям и научились не только правильно объяснять, но и предсказывать затмения. Так свет знания уничтожает суеверия и освобождает от их оков человеческий разум.

Итак, Луна движется вокруг Земли и сопровождает Землю при ее движении вокруг Солнца. Следуя зараз обоим движениям, Луна описывает в пространстве линию, которая изображена, приблизительно, на рис. 16. Попадая при движении вокруг Земли в земную тень, Луна производит лунное затмение; когда же тень от самой Луны падает на поверхность Земли, то происходит солнечное затмение.

На самом деле движение Луны гораздо сложнее, чем мы предполагали до сих пор. Луна описывает вокруг Земли не круг, но очень неправильную линию, при чем бывает не на одинаковом расстоянии от Земли. Изучить точно движение Луны — задача очень трудная; но пока не разрешили удовлетворительно этой

Рис. 16. Движение Луны в пространстве.

задачи, нельзя было точно предсказывать и затмений. Решить эту задачу удалось только после того, как великий английский ученый Исаак Ньютон открыл причину самого движения Луны. Это было одно из самых великих и важных открытий в науке, и на нем следует остановиться.

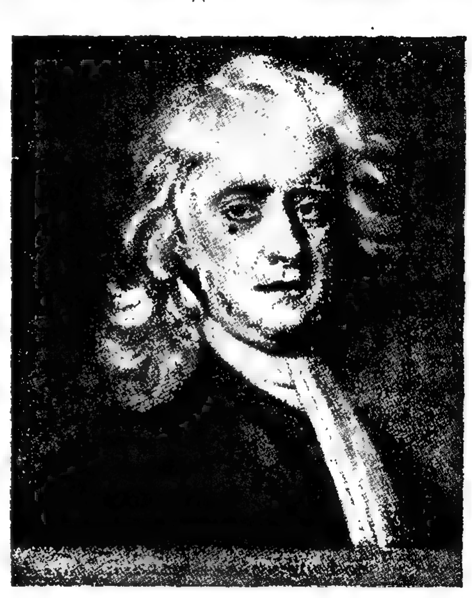


Рис. 17. Ньютон.

Ньютон хорошо знал, что движение Луны, каким мы его наблюдаем, не может существовать без особой причины. Знал он это из того, что ранее его открыли великие ученые Галилей и Гюйгенс. Дело в том, что движение Луны происходит по кривой линии, а такое криволинейное движение не может происходить без какой-нибудь причины, которая его производит. Когда мы толкнем на ровной площадке шар и не будем его дальше трогать, он покатится по прямой линии, пока не

остановится. Чем глаже площадка, чем лучше выточен шар, тем дольше он катится. Если бы площадка была без всяких неровностей, если бы шар был выточен совершенно точно и если бы еще не было воздуха, который мешает все-таки движению, то шар вечно катился бы по прямой линии и всегда с одною и тою же скоростью. Значит, можно высказать такой закон: всякое движущееся тело, предоставленное самому себе и не испытывающее толчков и встречных препятствий, должно двигаться прямолинейно и равномерно, никогда не останавливаясь. Это — закон инерции, открытый Галилеем. Если же мы пожелаем, чтобы шар наш двигался по кривой линии, например, — по кругу, то мы должны будем постоянно сталкивать его с прямого пути, постоянно изменять направление его движения какими-нибудь боковыми толчками или посредством какой-нибудь другой причины. Можно, например, привязать шар на нити к гвоздю *О*, вбитому в площадку (см. рис. 18). Тогда, толкнув шар, мы заставим его двигаться по кругу. Если при круговом движении шара внезапно перерезать нить, то мы увидим, что шар покатится по прямой линии *аб*, и эта прямая будет касательная к кругу, который шар описывал раньше. Значит, сам по себе шар опять таки стремится двигаться по прямой линии, но какая-то причина, какая-то сила сталкивает его все время, в каждое мгновение с этого пути и за-

ставляет двигаться по кругу. Сила эта — натяжение нити, которое иногда бывает так сильно, что нить не выдерживает и рвется. Отсюда видно, что криволинейное движение не может произойти без причины, без какой-нибудь силы, которая заставляет тело в каждое мгновение сходить с прямого пути по линии, касательной к кривой, которую тело описывает.

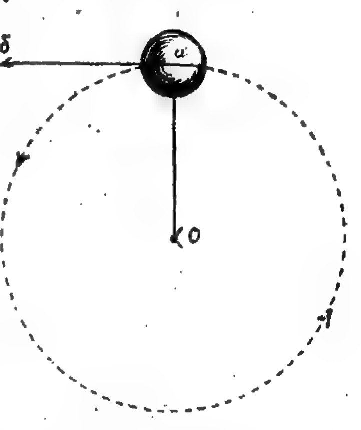


Рис. 18. Круговое движение шара.

Луна движется по кривой линии, значит, и ее движение производится какою-то особою причиной, какою-то неизвестною силой. Вот Ньютон и задумался над вопросом, что это за сила. Эта сила все время удерживает центр Луны почти на одинаковом расстоянии от центра Земли. Если бы не было этой силы, или если бы она вдруг прекратила свое действие, центр Луны стал бы двигаться по прямой, касательной к круговой почти орбите Луны, и стал бы удаляться от Земли, подобно шару на рис. 18, который станет удаляться по касательной *аб* от гвоздя *О*, если перерезать нить. После некоторых размышлений и вычислений Ньютону стало ясно, что какая-то сила постоянно, в каждое мгновение при-

ближает центр Луны к центру Земли, толкает его с прямой (касательной) линии к этому центру. Что же это за сила и как она действует?

Есть на Земле сила, которая заставляет все тела двигаться к центру Земли. Эта сила — тяжесть. Все знают, что от тяжести все тела падают на Землю; если тело просто выпущено из рук над поверхностью Земли, оно падает по прямой линии и движется отвесно, по направлению к центру земного шара. Эта сила тяжести действует на все тела без исключения. И действует она не только на поверхности Земли, но и на самых высоких горах. И там тела, предоставленные самим себе, также падают к центру Земли. Размышляя таким образом, Ньютон и пришел к следующему предположению. Мы видим, что Луна по какой-то неизвестной причине уклоняется от движения по прямой (касательной) линии и каждое мгновение приближается к центру Земли; какая-то сила толкает Луну по направлению к центру Земли. Не есть ли эта сила — та же самая тяжесть, которая все тела на Земле заставляет падать к центру Земли? Другими словами, не действует ли тяжесть и на Луну, не заставляет ли она и ее падать каждое мгновение к центру Земли и уклоняться от прямолинейного движения? Тогда дело происходило бы так. Если бы на Луну *Л* (см. рис. 19) не действовала сила тяжести, Луна пошла бы прямо по касательной к своей орбите *Ла* и через секунду,

скажем, пришла бы в точку *а*. Но сила, тяжести в то же самое мгновение заставляет Луну падать к центру Земли; и если бы Луна не двигалась по касательной *Ла*, а свободно падала к центру Земли *З*, то она через ту

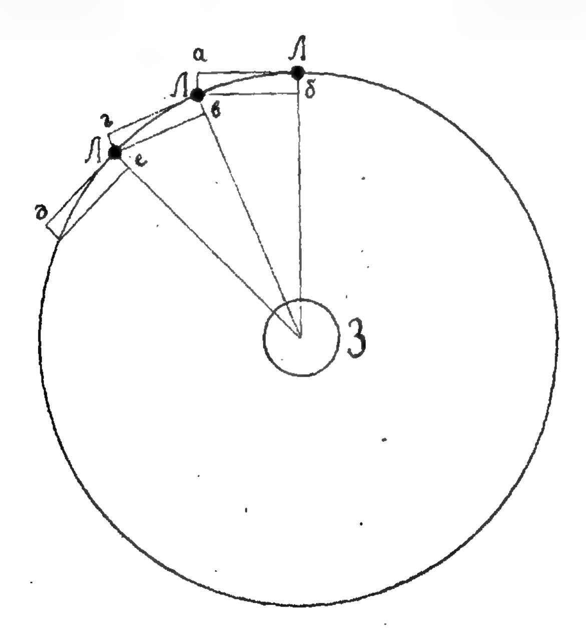



Рис. 19. Падение Луны к центру земли.

же секунду прошла бы расстояние *Лб* и очутилась бы в точке *б*. Значит, Луна в точке *Л* получает сразу два толчка: один толчок заставляет ее итти по касательной к орбите и пройти в секунду расстояние *Ла*; другой

толчок заставляет Луну падать к центру Земли и пройти в ту же секунду расстояние *Лб.* Как же на самом деле будет двигаться Луна? Она не пойдет ни по линии *Ла*, ни по линии *Лб*, а по некоторой средней линии *ЛЛ* и через секунду будет не в *а* и не в *б*, но в новой точке *Л*. Здесь произойдет то же самое. Луна стремится по закону инерции удержать полученное ранее направление движения (приблизительно, по линии *ЛЛ*), стремится двигаться по касательной *Лг* и через секунду пришла бы в точку *г*. Тяжесть заставляет ее падать к центру Земли *З* и в ту же секунду пройти расстояние *Лв.* На самом деле Луна не пойдет ни по *Лг*, ни по *Лв*, а по некоторой средней линии и придет в новую точку *Л*, где опять повторится то же самое. Вот почему Луна и должна двигаться по круговой (почти) орбите.

Итак, по мысли Ньютона, двигаться по кривой линии заставляет Луну сила тяжести. Но как она действует на Луну, так же ли, как на тела у поверхности Земли или иначе? Другими словами, толчки, которые тяжесть сообщает Луне, одинаковы ли по величине с толчками, которые она сообщает телам на Земле, или больше, или меньше их? Чтобы решить этот вопрос, надо было знать, какие толчки сообщает тяжесть Луне и какие телам на Земле.

Действие тяжести на поверхности Земли было изучено еще Галилеем. Вот что открыл Галилей. Если тяжелое тело выпустить из рук на известной высоте

над Землей, то оно, чем дальше, тем будет двигаться быстрее. И если высота была довольно велика, то мы заметим следующее. В первую секунду тело пройдет 16 слишком футов (две слишком сажени), во вторую в три раза больше, т.-е. 48 футов, в третью в пять раз больше, чем в первую, т.-е. 80 футов, в четвертую в семь раз больше, т.-е. 112 футов, и т. д. Значит, выходит, что в каждую следующую секунду скорость тела увеличивается всегда на одну и ту же величину, а именно на 32 слишком фута (см. рис. 20). Эта величина — 32 фута в секунду — называется ускорением силы тяжести. В первую секунду тело проходит ровно половину ускорения (16 ф.).

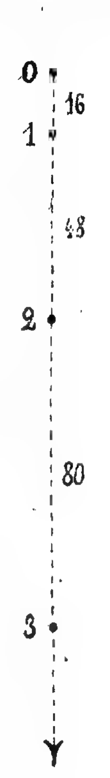


Рис. 20. Падение тела.

Посмотрим теперь, что выходит на расстоянии лунной орбиты. Мы знаем, что Луна движется почти по круговой орбите на расстоянии 360.000 верст от центра Земли, или иначе на расстоянии 60 земных радиусов. Полный оборот Луна совершает в $27^{1}/_{3}$ суток, или, приблизительно, в 2.360.000 секунд. Зная это, можно подсчитать, как велик путь, проходимый Луной в 1 секунду. Окажется около одной версты. Теперь предположим, что мы взяли некоторую длину *ЗЛ* (см. рис. 21) и описали ею окружность вокруг центра *З*.

Затем в точке *Л* провели касательную и на ней отложили длину *Ла*, в 360 тысяч раз меньшую, чем *ЗЛ*. Тогда длина *ЗЛ* изобразит лунное расстояние, а длина

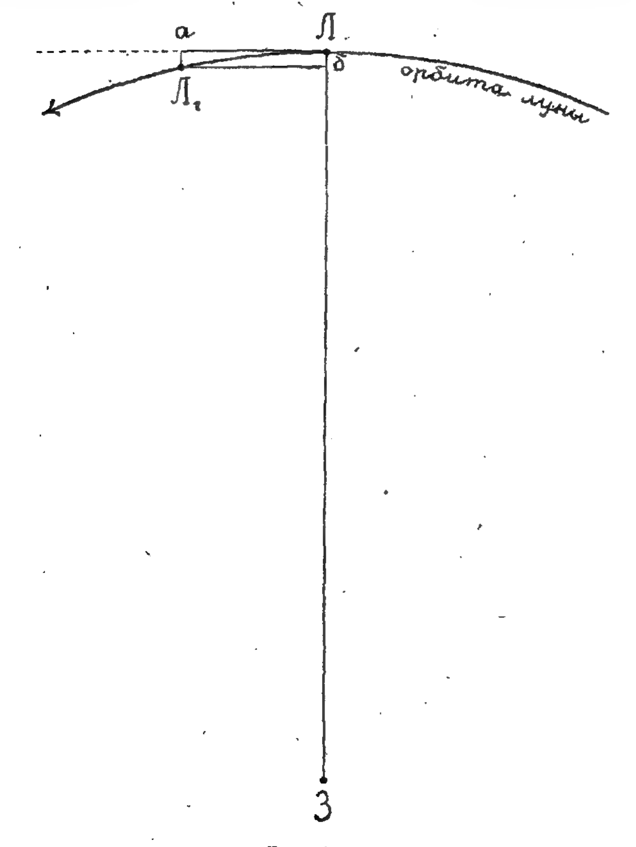



Рис. 21.

*Ла* — путь Луны за одну секунду. Если теперь начертить прямоугольник $ЛаЛ_1б$ так, чтобы вершина одного его угла $Л_1$ попала на окружность, изображающую орбиту Луны, то длина *Лб* изобразит нам тот путь, который Луна прошла бы по направлению к центру Земли, если бы падала на Землю свободно вследствие собственной своей тяжести. Если подсчитать, то оказалось бы, что длина этого пути на нашем чертеже составит всего $\frac{1}{720.000}$ долю длины *Ла*; значит, на самом деле Луна приближается к Земле только немного больше, чем на $\frac{1}{19}$ долю дюйма (около пол-линии) в секунду. Между тем, вблизи земной поверхности Луна при свободном падении прошла бы в первую секунду 16 фут., или, приблизительно, 190 дюймов. Так как путь, пройденный падающим телом в первую секунду, равен половине ускорения силы тяжести, то, значит, ускорение силы тяжести на орбите Луны составляет всего $\frac{2}{19}$ доли дюйма; ускорение же силы тяжести на поверхности Земли составляет около 380 дюймов. Следовательно, сила тяжести действует не везде одинаково. Чем расстояние от центра Земли больше, тем действие тяжести делается слабее. И если бы мы могли взвешивать тела на большой высоте от поверхности Земли (только не на чашечных, а на пружинных весах), то выходило бы так: чем выше бы

мы поднимались, тем легче становилось бы тело, тем меньше растягивалась бы пружина весов. Чашечные весы с гирями здесь не пригодились бы, так как гири тоже становились бы всё легче и легче. Посмотрим теперь, в какой мере уменьшается действие силы тяжести с увеличением расстояния.

Сравнивая ускорение силы тяжести на поверхности Земли (380 дюймов) с ускорением на орбите Луны ($\frac{2}{19}$ доли дюйма), мы видим, что *первое в 3.600 раз (с небольшим) больше второго.* Число 3.600 есть 60, взятое 60 раз (60 × 60), или, как говорят, 60 в *квадрате.* Но число 60 показывает ведь, во сколько раз расстояние Луны больше земного радиуса, или, иначе, во сколько раз Луна была бы ближе к центру земного шара, если бы ее можно было положить на поверхность Земли. Значит, выходит так: *когда расстояние тела (луны) от центра Земли уменьшится в 60 раз, ускорение силы тяжести увеличится в 60 в квадрате раз* (60 × 60); *или, наоборот, когда расстояние увеличится в 60 раз, ускорение силы тяжести уменьшится в 60 в квадрате раз.*

Это правило (или *закон*) Ньютон проверил на *планетах,* движущихся вокруг Солнца, и всюду оно оказалось справедливым. Оказалось, что, если одна планета вдвое дальше другой, то ускорение, с которым она падает к центру Солнца, будет в четыре раза меньше

(2 × 2); если планета втрое дальше другой планеты, то ускорение ее будет в девять раз меньше (3 × 3); если планета вчетверо дальше другой, то ускорение ее в 16 раз меньше (4 × 4), и т. д. Если какое-нибудь тело поднять на высоту 6.000 верст над Землей, то оно будет весить в 4 раза меньше, так как будет находиться от центра Земли на расстоянии 2 земных радиусов; если поднять тело на 12.000 верст, то оно будет весить в 9 раз меньше, так как будет от центра Земли на расстоянии 3 земных радиусов и т. д.

Итак, Луну заставляет двигаться по круговой орбите *сила ее собственной тяжести*. От силы тяжести Луна стремится каждое мгновение падать к центру Земли. И она упала бы на Землю, если бы не вращалась вокруг Земли. Вращаясь вокруг Земли, Луна стремится по касательной линии удалиться от Земли. Но этому мешает сила тяжести или, как выразился Ньютон, сила *притяжения* к центру Земли. Ни то, ни другое движение не могут уничтожить друг друга, и Луна все время остается почти на одинаковом расстоянии от центра Земли, как шар от гвоздя на рис. 18. Если бы уничтожилась сила притяжения, Луна по касательной линии удалилась бы в беспредельное пространство; если бы Луна перестала двигаться вокруг Земли, остановилась бы на своей орбите, она упала бы на Землю.

Значит, Земля *притягивает* к своему центру не только тела на своей поверхности, но и Луну; притя-

жение Земли действует и на огромном расстоянии в 360 тысяч верст, но только делается слабее.

В свою очередь, однако, и Луна притягивает Землю. Это видно вот из чего. При движении Луны вокруг Земли по орбите $ЛЛ_1$ (см. рис. 22), центр Земли $З$ не остается в покое, но также описывает круговую орбиту $ЗЗ_1$ вокруг точки $O$, которая находится на расстоянии, приблизительно, 1.500 верст от поверхности и

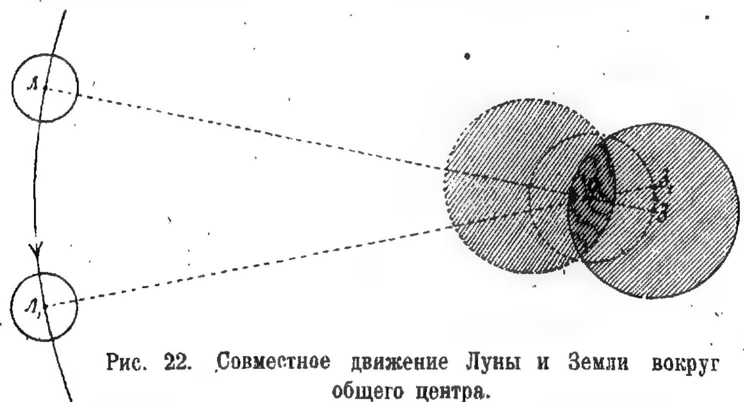



Рис. 22. Совместное движение Луны и Земли вокруг общего центра.

4.500 верст от центра Земли. Движение центра Луны $Л$ и центра Земли $З$ происходит так, что они всегда находятся на одной прямой с точкой $O$ (например, в положении $Л — O — З$ или $Л_1 — O — З_1$). Движение центра Земли замечено было по смещениям Солнца среди звезд. Солнце кажется колеблющимся то вперед, то назад; так как мы не замечаем своего движения с Землей, нам кажется, что Солнце совершает движение, подобное

движению Земли, но только в обратном направлении. По величине этих передвижений Солнца высчитали, что круг, который совершает центр Земли *З*, в восемьдесят раз меньше круга, который совершает Луна вокруг общего их центра *О*, а это значит, что радиус (полупоперечник) первого круга в 80 раз меньше радиуса второго, т.-е. что точка *О* в восемьдесят один раз ближе к центру Земли, чем центр Луны. Следовательно, эта точка находится на расстоянии около 4.500 верст от центра Земли. Отсюда и видно, что не только Земля притягивает Луну и заставляет ее двигаться по круговой орбите, но и Луна в свою очередь притягивает Землю и заставляет центр Земли описывать круг, только гораздо меньших размеров. И если бы Луна остановилась на своей орбите и стала падать на Землю, то и Земля в свою очередь стала бы падать на Луну; разница была бы в том только, что центр Луны прошел бы до встречи с Землей меньше $\frac{80}{81}$ всего расстояния, а центр Земли меньше $\frac{1}{81}$ расстояния между центрами Земли и Луны.

Следовательно, сила притяжения принадлежит не только Земле, но и Луне, — сила эта **взаимна**. Разница только в том, что действие силы в одном случае в 80 раз меньше действия в другом случае. Эта разница происходит оттого, что Луна легче Земли, что в Луне **количество вещества, притягиваю-**

щего *Землю*, или *масса Луны*, в 80 раз меньше, чем в Земле количество вещества, притягивающего Луну. Поэтому, если бы можно было Землю и Луну положить ва чашки одних и тех же весов и взвесить, то должно было бы оказаться, что Луна весит в 80 раз меньше Земли. При движении Луны и Земли происходит приблизительно то же, что на весах, когда мы желаем уравновесить два неодинаковых по весу тела. Например, если одно тело весит 3 фунта, а другое

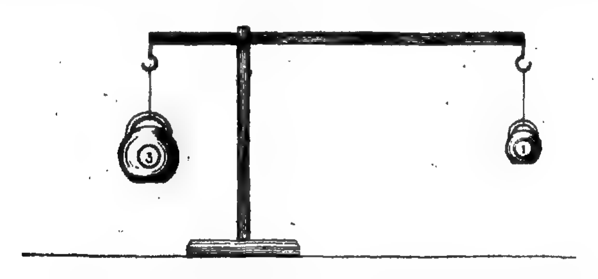



Рис. 23. Равновесие неодинаковых но весу тел.

только 1 фунт (см. рис. 23), то мы должны подпереть коромысло весов в таком месте, чтобы расстояние точки опоры от точки привеса для большего тела было втрое меньше, чем расстояние ее от точки привеса для меньшего тела. То же самое и в случае движения Луны и Земли. Точка *O* (рис. 22), вокруг которой движутся Луна и Земля, в восемьдесят раз дальше от центра Луны, чем от центра Земли. Значит, масса Луны в восемьдесят раз меньше массы Земли.

Вы видите, что при помощи великого закона Ньютона не только поняли причину движения Луны по кривой линии и потому сумели точно изучить это движение, но сумели даже как бы взвесить Луну, узнать, во сколько раз она весила бы меньше Земли, если бы можно было и Луну, и Землю положить на чашки одних и тех же весов. Довольно одного этого примера, чтобы понять, какое громадное значение имеет для нас знание истинных законов природы.

Притяжение, которое Луна оказывает на Землю, обнаруживается еще в одном явлении. Это явление — приливы и отливы, знакомые всем, живущим по берегам океана. Каждые сутки дважды бывает в океане высокая вода, прилив, так что в некоторых местах могут, пользуясь этим, подходить к берегу глубоко сидящие в воде суда, и два раза бывает низкая вода, отлив. Отлив идет через 6 с небольшим часов после прилива. Что причиною приливов и отливов является именно Луна, видно вот из чего. Луна в данном месте достигает наибольшей высоты на небосводе (как говорят, проходит через меридиан), приблизительно, через каждые 24 часа и 50 минут. Приливы наступают тоже через 24 часа 50 минут и бывают еще посредине этого промежутка времени. Самая высокая волна прилива наступает всегда при вполне определенном положении Луны на небе, через определенное время после того, как Луна пройдет через меридиан данного места. Каким же образом Луна может производить приливы и

отливы? Она производит их потому, что **притягивает** к себе воду океанов.

Пусть Луна *Л* находится на меридиане места *А* (см. рис. 24). Тогда вода океана в этом месте будет притягиваться Луной сильнее, чем центр Земли *З*, так как точка *А* ближе к Луне, чем точка *З*, а точка *З* будет притягиваться сильнее, чем точка *Б*, противоположная точке *А*. Поэтому океан, имевший шаровую форму, примет сплющенную форму *АВБГ*. В местах

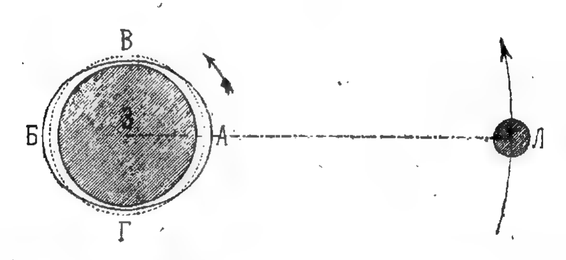



Рис. 24. Объяснение приливов и отливов.

*А* и *Б* вода поднимется, там будет прилив, а в местах *В* и *Г* опустится, там будет отлив. Через 6 часов Земля повернется вокруг своей оси на четверть оборота, и тогда точки *А* и *Б* займут положение точек *В* и *Г*, а точки *В* и *Г* — положение точек *Б* и *А*. Теперь в *А* и *Б* будет отлив, в *В* и *Г* прилив и т. д. Ясно, что в каждом месте отлив будет следовать через 6 часов после прилива. Но дело происходит не совсем так, потому что Луна движется вокруг Земли и за сутки

передвигается, приблизительно, на $\frac{1}{27}$ долю полного оборота. Поэтому прилив наступает не ровно через 24 часа и 12 часов, но несколько позже, и отлив следует за приливом через 6 слишком часов. Кроме того, вода океана не сразу уступает притяжению Луны, а запаздывает, и потому самая высокая волна прилива наступает уже после того, как Луна пройдет через меридиан. Далее, если бы дело происходило так просто, как здесь описано, то Луна поднимала бы воду не больше, как на $1^1/_2$ аршина. Но разные причины: узкие проливы, мели задерживают приливную волну, которая как бы бежит вслед за Луной; от этого явление приливов и отливов очень усложняется и в некоторых местах приливная волна доходит до 10 сажен.

Теперь спросим себя, что же такое Луна, движение которой, расстояние и величину мы только что изучали? На этот вопрос сумели довольно хорошо ответить только тогда, когда изучили, что видно на Луне в большую подзорную трубу, в телескоп. Луна находится от нас на расстоянии 360 тысяч верст. В хороший же большой телескоп, приближающий Луну раз в тысячу, мы можем видеть ее как бы на расстоянии всего 360 верст.

Еще не производя наблюдений в телескоп, но только сравнивая величину и массу Луны с величиной и массой Земли, мы уже можем сделать некоторые выводы о веществе, из которого состоит Луна. Мы знаем, что попе-

речник Луны составляет около $\frac{11}{40}$ долей поперечника Земли. Значит, объем Луны составит $\frac{11}{40} \times \frac{11}{40} \times \frac{11}{40}$, или около $\frac{1}{50}$ части объема Земли. Масса же Луны равна только $\frac{1}{80}$ части массы Земли. Отсюда видно, что вещество Луны, в среднем, **менее плотно**, чем вещество Земли. Если бы они были одинаково плотны, то масса Луны составляла бы, как и объем, $\frac{1}{50}$ часть массы Земли; на самом же деле выходит, что плотность вещества Луны равна только $\frac{5}{8}$ плотности вещества Земли (надо 50 разделить на 80).

Уже невооруженный глаз замечает на Луне темные пятна. В телескоп обнаруживается много очень любопытных подробностей в устройстве лунной поверхности. Наиболее интересны на Луне горы, т.-е. возвышенности. Лучше всего наблюдать их около первой или после последней четверти на границе света и тени, когда горы освещаются солнцем сбоку и отбрасывают тени. В полнолуние горы видны не так хорошо, так как свет Солнца падает сверху, и теней почти нет. Следующие рисунки 25 и 26 изображают вид лунных гор. Они показывают, что лунные горы не похожи на земные горы. Они все имеют почти правильную круглую форму и по некото-

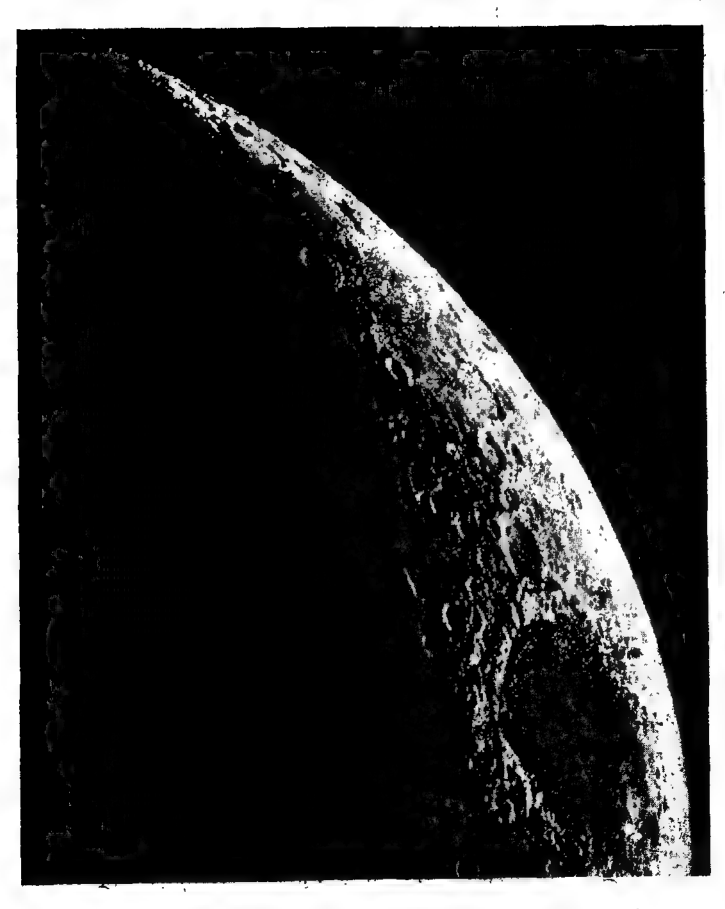


Рис. 25. Лунные горы.

рому сходству с отверстиями наших вулканов названы были **кратерами**, но лучше их называть кольцевыми горами. По рисунку ясно видно, что лунная гора представляет собою круглый вал; диаметр этого вала бывает



Рис. 26. Лунные горы.

и меньше версты, и в несколько верст, у некоторых несколько десятков верст, а у иных доходит почти до 300 верст. По длине тени вала на окружающей лунной поверхности можно заключить, что высота вала доходит

до нескольких сотен сажен, а иные горы вздымаются и на несколько верст. Внутренность вала имеет форму как бы громадной чаши, и дно этой чаши кажется плоским. Только в центре бывают видны нередко одно или несколько возвышений в форме конусов. Дно часто бывает ниже опущено, чем поверхность Луны, окружающая вал; поэтому лунная гора имеет вид, изображенный на рисунке 27. Лунные кольцевые горы находятся на всей видимой поверхности Луны, но особенно много их в южной части Луны.

Кольцевые горы и вся поверхность Луны в некоторых местах перерезываются длинными темными бороздами,



Рис. 27. Строение лунной горы.

хорошо видными на рисунке 28, изображающем лунные Апеннинские горы. Эти борозды, вероятно, суть трещины на поверхности Луны, очень широкие и глубокие. Происходят эти трещины, вероятно, от большой разницы в нагревании и охлаждении лунной поверхности. Мы увидим дальше, что распределение температуры дня и ночи на Луне совершенно иное, чем на Земле, и что на Луне должна быть громадная разница в температурах дня и ночи.

Кроме темных полос, на Луне замечаются еще светлые полосы, видные хорошо в полнолуние и расходящиеся иногда лучами от отдельных гор. Рисунок 29 изобра-



Рис. 28. Апеннинские горы на Луне. Борозды.

жает одну такую гору — Т и х о, окруженную светлыми полосами. Что представляют собою светлые полосы, еще не выяснено.

Прежде думали, что светлые пятна на Луне — материки, темные — моря. Но это неверно, так как на Луне нет ни воды, ни воздуха. Если бы на Луне была в изобилии вода или какая-нибудь другая жидкость, то она испарилась бы от нагревания Солнцем и образовала бы атмосферу паров, подобную нашей воздушной атмосфере. Что на Луне нет такой атмосферы, видно вот из чего: когда Луна, двигаясь по небосводу, закрывает от нас какую-нибудь звезду, звезда внезапно скрывается за краем Луны и внезапно из-за другого края появляется. При этом исчезновение и появление звезды случается как раз в те моменты, которые можно предсказать наперед, вычисляя движение Луны. Если бы на Луне была довольно плотная атмосфера, то лучи звезды п р е л о м л я л и с ь бы в ней, изменяли бы свое направление; звезда померкала бы постепенно и исчезала бы позже, а появлялась раньше, чем предсказано вычислением. Поэтому, если на Луне и есть какая-нибудь атмосфера, то крайне редкая и незначительная. Отсюда видно что и жизнь на Луне невозможна, по крайней мере такая жизнь, которую мы наблюдаем на земном шаре. Точно так же на поверхности Луны не может происходить таких изменений, которые производятся на Земле изменениями погоды и движением воды. Все тела на Луне только разогреваются и остывают, смотря по тому,

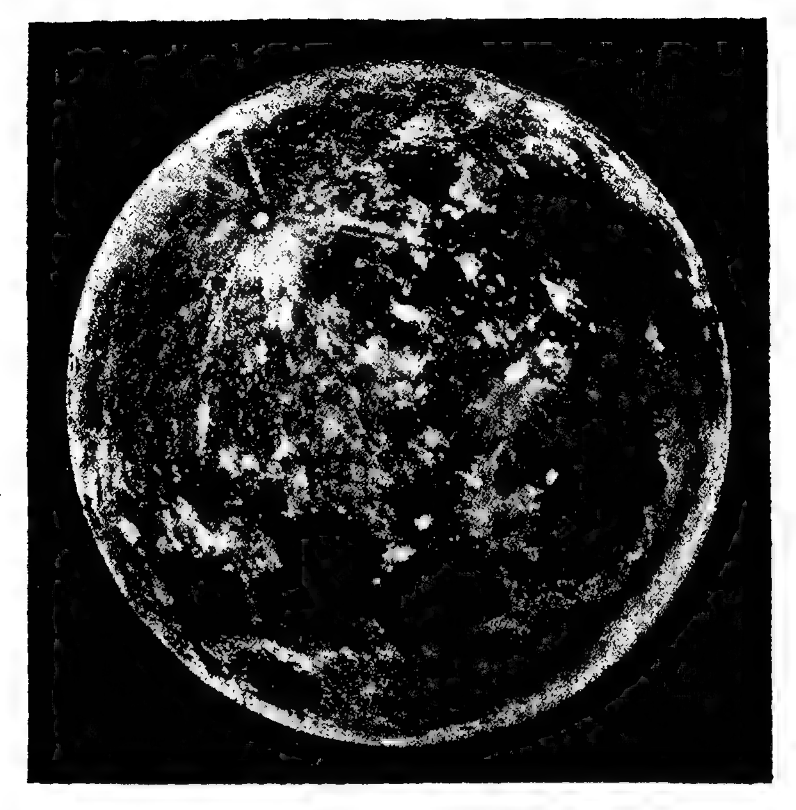


Рис. 29. Гора Тихо и светлые полосы.

появляется ли над ними Солнце, или оно исчезает. От этого могут происходить изменения, может быть, довольно значительные, но незаметные для нас при большом расстоянии. Только через громадные промежутки времени

могут от этой причины образоваться громадные изменения, вроде длинных и широких темных борозд (трещин). Значит, мы должны считать Луну мертвым, однообразным, как бы навеки застывшим миром, лишенным воды, воздуха и жизни. Этому миру незнакомы постоянные перемены погоды, движение воды и воздуха, ветры, грозы, бури, дождь и снег, — одним словом, все те явления, которые так разнообразно сменяются ежедневно на поверхности Земли.

Но зато разница в температуре дня и ночи на поверхности Луны, вероятно, громадна. Смена дня и ночи на Луне, как и на Земле, происходит от вращения Луны вокруг своей оси, только вращение это более медленно, чем у земного шара. Что Луна действительно вращается вокруг оси, видно из того, что в телескоп мы всегда видим один и тот же вид, одну и ту же сторону лунной поверхности. Если бы Луна не вращалась, то этого не могло бы быть, и мы видели бы постепенно всю поверхность Луны. Это ясно из рисунка 30. Пусть в положении I видная нам половина поверхности Луны есть *ваг* (здесь линия *вг* перпендикулярна к лучу зрения *Зл*), а невидная — *вбг*. Посредине видной нам части Луны мы имели бы точку *а*. Если бы Луна не вращалась, то линия *вг* при ее движении не изменяла бы своего направления, переносилась бы параллельно сама по себе, так что в положении II в средине видной нам стороны Луны мы имели бы уже не точку *а*, но точку *г*, в положении III — точку *б*,

в положении IV—точку *в*, и таким образом постепенно наблюдали бы всю лунную поверхность. Но мы, как оказывается, видим всегда одну и ту же сторону поверхности Луны (*ваг*). Это может произойти только потому, что Луна вращается, и притом так, что полный оборот вокруг оси она совершает точно в тот же промежуток времени, в который оборачивается вокруг Земли, т.-е. в $27^1/_3$ суток. Действительно, если это так, то после перехода в положение V из положения I линия *вг* должна выйти из прежнего направления *в′г′* и повернуться на угол *в′л′в*, равный углу поворота Луны вокруг Земли, *лЗл′*, и потому точка *а* окажется не в *а′*, не на линии *л′а′*, параллельной *ла*, но на линии *л′З*, перпендикулярной к *вг*, т.-е. опять в средине видной наблюдателю стороны лунной поверхности. Итак, Луна вра-

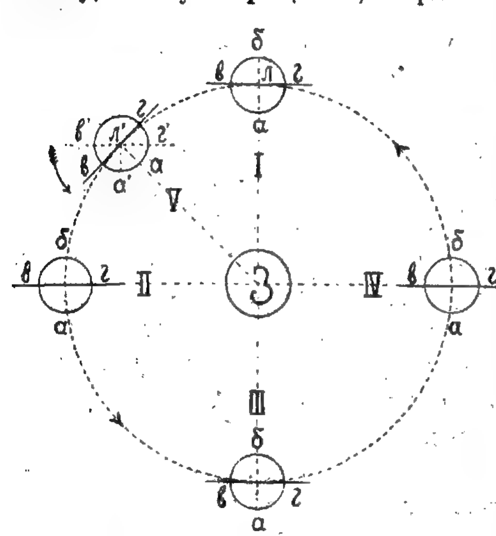



Рис. 30. Вращение Луны вокруг оси.

щается вокруг своей оси в $27^1/_3$ суток. Так как Луна движется еще и вместе с Землей вокруг Солнца, то каждая точка лунной поверхности поворачивается на полный оборот относительно Солнца лишь в $29^1/_2$ суток (в тот же промежуток времени, в который возвращаются новолуния). Поэтому в каждом месте лунной поверхности, за исключением некоторых мест, близких к полюсам Луны (т.-е. к концам лунной оси вращения), „день" и „ночь", т.-е. светлое и темное время, должны длиться почти по 15 суток. Если принять еще в расчет, что на Луне нет, как на Земле, атмосферы, которая, с одной стороны, умеряет действие солнечных лучей, с другой — задерживает теплоту земной поверхности, не позволяет ей быстро излучаться в холодное окружающее пространство, то мы поймем, что на Луне разница в температуре дня и ночи должна быть очень велика, может быть, до 250 градусов по нашему обыкновенному термометру (градуснику) Реомюра. От этой огромной разницы в нагревании и в охлаждении лунной поверхности и могут происходить трещины, которые представляются нам в виде темных борозд.

Но можно спросить, почему же на Луне наблюдается такое странное согласие времени оборота вокруг оси с временем оборота вокруг Земли? Отчего произошло такое странное совпадение? Это интересное явление хорошо объясняется, если предположить, что Луна была прежде в расплавленном, в огненножидком состоянии. Тогда от притяжения Земли на поверхности Луны должны

были происходить приливы расплавленной массы, подобно тому как на Земле происходят приливы океана от притяжения Луны. Эти приливные волны должны были задерживать вращение Луны вокруг оси и постепенно привести его к полному согласию с вращением Луны вокруг Земли. Действительно, пусть на рис. 31 Луна *Л* вследствие притяжения Земли приняла сплюснутую форму, так что вокруг центрального шарообразного ядра (незачерченного) образовалось как бы кольцо, кора *аб*. Положим, что Луна вначале вращалась вокруг оси быстрее, чем обращалась вокруг Земли, и потому линия *аб* разошлась с линией *ЗЛ*. Тогда Земля *З* будет сильнее притягивать часть кольца *а*, которая к ней ближе, чем часть *б*, которая от нее дальше, и будет поворачивать Луну в обратную сторону, чем она вращается вокруг оси, будет, значит, задерживать вращение, уменьшать его скорость. И так как Луна застыла в таком сплюснутом виде, то Земля и всегда будет приводить время вращения Луны вокруг оси и время ее оборота вокруг Земли к полному равенству между собою.

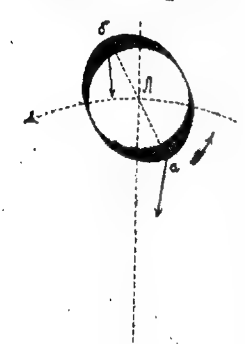


Рис. 31. Объяснение закона вращения Луны.

Прежнее расплавленное состояние довольно хорошо объясняет нам круглую форму лунных гор и вообще

некоторые подробности в их строении. Луна застыла не сразу. Вначале на ней появилась тонкая более твердая кора, внутри же долго еще клокотала горячая расплавленная масса. Эта масса попрежнему приливала к коре вследствие земного притяжения, прорывала кору, вначале еще тонкую и нетвердую, производила в коре отверстия и изливалась наружу, оставляя по краям отверстия вал, как это изображено на рис. 32. Дно же отверстия, застывая, опускалось ниже, чем наружная поверхность коры. Это дно остывало неравномерно.

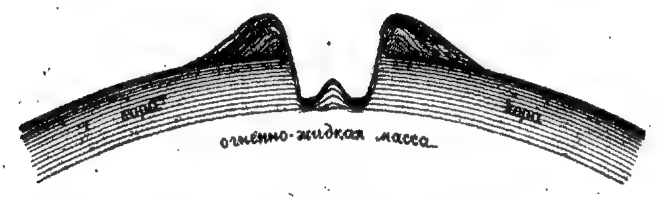



Рис. 32. Происхождение лунных гор.

Средина остывала медленнее, корка там утолщалась меньше, и внутренняя расплавленная масса могла выдавить посредине дна несколько возвышений в виде конусов.

Теперь мы можем ответить на вопрос, что такое Луна? Это — застывшее темное шарообразное тело, совершенно безжизненное и мало изменяющееся, так как на Луне нет ни воды, ни воздуха. Над Луною нет голубого неба: все окружающее пространство — совершенно черное, темное. На этом совершенно черном

небе ярко блестят звезды и Солнце, которые никогда не скрываются за туманом или за тучами. Земля с Луны кажется вчетверо больше, чем Луна с Земли, и когда Земля для воображаемого наблюдателя на Луне стоит против Солнца, т.-е. освещена вполне (как Луна в полнолуние), то она кажется медленно вращающимся глобусом, на котором даже невооруженный глаз смог бы отличить моря и материки. Весь небосвод вращался бы для лунного наблюдателя в 27 раз медленнее, чем для земного наблюдателя. Когда у лунного наблюдателя наступала бы ночь, которая длится на Луне почти 15 суток, то он был бы погружен в глубокий мрак, если бы над его горизонтом не появлялась Земля, льющая на Луну свет, подобный лунному, только гораздо более обильный, и если еще не считать слабого света Звезд. Лишь постепенно к концу ночи появляются первые лучи Солнца, загораясь вначале на вершинах гор. Зари утренней и вечерней не бывает на Луне, так как там нет атмосферы, производящей зарю, и Солнце появляется над горизонтом внезапно, заливая лунную поверхность ослепительно-ярким светом. Затем Солнце постепенно поднимается над горизонтом: после сильнейшей ночной стужи наступает нестерпимо жаркий полдень, а затем Солнце очень медленно начинает склоняться к закату, пока не скроется через 15 дней почти после своего восхода.

Прибавьте сюда полное отсутствие ветра, отсутствие какого-либо движения, полнейшую тишину, — так как на

Луне нет воздуха, который передавал бы звуки, — отсутствие жизни, и вы получите некоторое понятие о холодной безжизненной планете-спутнике, которую мы называем Луною и на̀ поверхности которой все перемены происходят только от ее вечного вращения вокруг своей оси и вокруг Земли, уносящей Луну в своем годовом движении вокруг Солнца.

# II.

# О СОЛНЦЕ

Если спросить каждого из нас, какое из небесных светил мы считаем наиболее важным для обитателей Земли, то, можно думать, каждый назовет Солнце. Еще древние народы, в том числе и наши предки, славяне, почитали Солнце за бога, поклонялись ему и строили ему храмы; славяне же правильно называли Солнце „Дажь-богом“, т.-е. божеством, дающим жизнь и земные блага. Значит, еще древние народы, очень мало знавшие природу и ее законы, все-таки убеждены были, что жизнь на Земле находится в тесной, глубокой зависимости от света и тепла солнечных лучей. Но только в самое последнее время наиболее развитым и образованным народам нового времени удалось хорошо разъяснить эту глубокую связь жизни на Земле и силы солнечных лучей, понять, в чем она состоит, хотя сама по себе эта связь прямо бросается в глаза; всем ясно, что без Солнца жизнь на Земле прекратилась бы, и Земля застыла бы в вечном мраке и холоде. Познакомимся несколько с работою солнечных лучей.

Мы теперь хорошо знаем, почему на земном шаре имеются разные по климату страны: жаркие, умеренные и холодные [1]).

---

[1]) См. книгу Ройтман, „Форма и движение Земли“. Гос. Изд. 1922.

Климаты стран зависят от различного количества тепла, которое получают различные пояса земной поверхности в разное время года; количество тепла зависит от различной продолжительности дней и ночей и от неодинаковой высоты, на которую Солнце в данном месте поднимается в полдень. От различия же в климате зависит богатство или бедность растительной и животной жизни в известном поясе: жаркий пояс получает больше всего тепла, — и жизнь там наиболее богата и разнообразна; холодные пояса обделены теплом, — и жизнь там так скудна, что ее едва заметно.

Далее, теперь известно, что почти все движения, которые можно наблюдать на поверхности земного шара, работа всех почти сил, которые действуют кругом нас на Земле, зависят от силы солнечных лучей. Возьмем, например, движение воздуха — ветер, движущий крылья наших ветряных мельниц, производящий могучие морские течения, а иногда превращающийся в ураган или смерч, — в громадную силу, которая сметает все на своем пути, разрушает иногда целые города. Какова причина ветра? Причина эта — различное нагревание Солнцем различных частей воздуха. От различного нагревания воздух бывает более тяжел в тех местах, где он менее нагрет, и потому *течет* в те места, где он более нагрет и более легок. Чем больше разница в весе или, как говорят, в *давлении* воздуха, тем сильнее течение, тем сильнее ветер. Значит, сила ветра, этого ве-

ликого двигателя, происходит от теплоты солнечных лучей. Обратим теперь наше внимание на другую великую силу — силу движения воды, на работу наших рек и океанов. Мы ежедневно наблюдаем вокруг себя эту великую, громадную работу, видим, как постепенно реки размывают сушу, прорезают даже в твердых горных породах глубокие ущелья и долины, силою своего течения отрывают и измельчают части этих пород и сносят огромные количества камней и песка в озера, моря и океаны. В устьях рек год от года образуются громадные песчаные наносы, в иных местах река ежегодно как бы отвоевывает у моря по несколько верст суши, но зато и море, в других местах, неустанною работой своих волн размывает берега и отрывает от них, сносит на дно свое огромное количество песку и камней. Какова же причина движения воды в реках, что питает их водою, которая веками и тысячелетиями льется в моря и океаны и не иссякает? Эта причина — опять таки сила солнечного тепла. Солнечные лучи своим нагреванием производят „великий круговорот воды“ на земном шаре. Огромная водная поверхность океанов нагревается лучами солнца, вода превращается в пар, который легче воздуха и потому поднимается вверх, в те слои воздуха, которые легче нижних слоев, и где поэтому пар может держаться, не поднимаясь уже выше. Эти более высокие слои холоднее нижних; поэтому водяной пар сгущается там в капельки (как пар от самовара на холодном стекле), образует туман

и облака. Эти-то капли водяного сгущенного пара и падают затем на землю в виде дождя и снега. Скатываясь с вершин гор и холмов в долины, эти капли постепенно образуют ручьи, малые и большие реки и возвращают в море большую часть испарившейся с его



Рис. 33. Ураган.

поверхности воды; часть же воды остается на вершинах наиболее высоких гор в виде снега и льда, образует громадные ледники, которыми и питаются многие большие реки. Некоторая часть испарившейся воды постоянно остается в воздухе; вместе с воздухом частицы водяного пара проникают в рыхлую почву, где

сгущаются в воду и с просочившейся дождевой водой образуют в пустотах целые водоемы, а затем где-нибудь выбегают на поверхность Земли в виде ключей и родников. Так и идет изо дня в день, из года в год, из века в век непрекращающийся великий круговорот воды на земном шаре, незаметно, понемногу размывая сушу и через века и тысячелетия совершенно изменяя вид земной поверхности.

Посмотрим теперь, насколько жизнь растения и жизнь животного зависит от света и тепла солнечных лучей. Как живет растение? Лишите его тепла и света, и растение зачахнет, умрет. Зимою на полях отмирают цветы и травы, так как им не хватает тепла; если выращивать растение в тепле, но без света, оно вырастает чахлым и бесцветным, его листья будут бледными, а не зелеными. Это потому, что без тепла и света растение не может питаться. А питается оно не только веществами, которые корни его сосут из почвы, но и особым веществом углеродом, которое листья растений извлекают из воздуха. В воздухе имеется довольно значительное количество углекислоты — особого газа, который тяжелее воздуха и который выдыхают люди и животные. Зеленые листья растений и устроены так, что под действием солнечного тепла и света могут разлагать углекислоту химически на ее составные части: углерод (вещество, из которого состоит обыкновенный уголь) и кислород — составную часть воздуха, которая служит для

дыхания животных и людей, которую они вдыхают, чтобы затем выдохнуть уже углекислоту —газ, не годный для дыхания. Углерод остается в растении и служит ему для постройки его корней, стебля и листьев, а кислород освобождается, выходит сквозь поверхность листа наружу. Таким образом, растения питаются из воздуха углекислотой, которую выдыхают животные (и которая иногда выделяется прямо из Земли), и этим очищают воздух. Но производить такую работу без тепла и света солнечных лучей зеленые листья растений не могут; без Солнца растения не могли бы питаться, так как углерод составляет одну из главнейших составных частей растения. Значит, можно сказать, что в своих зеленых листьях и стеблях растения как бы складывают постепенно огромные запасы силы солнечных лучей. И впоследствии человек извлекает из растений эту силу, прежде всего в топливе. И теперь еще леса доставляют человеку громадные количества топлива, посредством которого он не только согревает себя в холодную пору года, но и приводит в движение свои машины, паровозы и пароходы. А было время, когда на Земле росло громадное количество особых растений, древних громадных папоротников, хвощей и плаунов, которые отложили в своих зеленых листьях огромные запасы солнечной силы и образовали каменный уголь. Это было очень давно, много тысяч лет назад в каменноугольную эпоху. Растения, из которых образовался каменный уголь, и теперь можно раз-

глядеть в нем в виде отпечатков листьев, ветвей и целых стволов. Этими растениями были и теперь еще существующие папоротники, хвощи и плауны, но только громадных, саженных размеров (такие большие папоротники теперь растут только в тропических странах).



Рис. 34. Каменноугольная эпоха.

Как и в наши времена, они росли в сырой, болотистой почве, поглощая углекислоту из воздуха, которой, по-видимому, тогда было больше, чем теперь; постепенно отмирая, растения падали в почву, образовали огромные пласты, подобно нынешним пластам торфа в бо-

лотах. Дальше почва постепенно опускалась, покрывалась морем; море отлагало постепенно пласты песка, известняка и других пород; пласты торфа уплотнились и образовали плотный, хрупкий каменный уголь, который впоследствии вместе со всем дном моря подземные силы выдвинули вверх, освободили от воды и сделали доступным человеку.

Значит, работа наших машин, питающихся топливом в виде дров и каменного угля, есть не что иное, как работа солнечных лучей, сила которых запасена в дровах и каменном угле. Силы животного, питающегося растениями, а потому и силы человека, который питается и растениями, и животными, ведут свое начало также от силы солнечных лучей. Без силы солнечных лучей не было бы на Земле ни движения, ни жизни; без этой великой силы не было бы и работы человеческой мысли, которая изучает природу, постигает великую связь явлений и заставляет великие силы природы служить своим человеческим целям. Вот как велика и глубока зависимость всей жизни, всех сил на земле от силы солнечных лучей. Более подробно об этом можно прочесть в прекрасных книгах К. А. Тимирязева: „Жизнь растения“ и „Растение и солнечная энергия“.

Что же такое Солнце? Каким образом может оно многие тысячи, вероятно, даже миллионы лет посылать на Землю потоки тепла и света — и не остынуть, не погаснуть? Чтобы ответить на эти вопросы, прежде всего надо было узнать, как далеко от нас и как велико

Солнце, надо было убедиться, что оно вовсе не таково по величине, каким нам кажется вследствие своего громадного расстояния. В беседе о Луне вы уже познакомились с тем, как астрономы измерили расстояние до Луны. Подобными же и другими более точными способами астрономы сумели измерить и расстояние от Земли до Солнца. Оно оказалось громадным — сто сорок миллионов верст. Трудно даже представить себе, как велико это расстояние. Если бы мы попробовали просто сосчитать вслух число 140 миллионов, не останавливаясь ни для сна, ни для отдыха, и считали по 200 в каждую минуту, то и тогда нам потребовалось бы 500 суток. Поезд, пробегающий 100 верст в час, шел бы от Земли до Солнца почти 170 лет. Звук, проходящий версту в 3 секунды, прошел бы расстояние до Солнца только в 14 лет. Даже световому лучу, пробегающему 280 тысяч верст в секунду, требуется 8 минут и 18 секунд, чтобы дойти от Солнца до Земли, так что, если бы Солнце внезапно погасло, то мы увидели бы это через 8 мин. 18 сек. Принимая в расчет такое громадное расстояние, мы должны заключить, что и величина Солнца должна быть громадной, если даже на таком большом расстоянии оно кажется нам достаточно большим, приблизительно такой же величины, как Луна. Лунное расстояние почти в 400 раз меньше солнечного; значит, поперечник Солнца должен быть почти в четыреста раз больше поперечника Луны и во сто слишком раз больше поперечника Земли, так как

поперечник Луны составляет больше четверти поперечника Земли. Если подсчитать более точно, то окажется, что поперечник или диаметр Солнца почти в 110 раз больше диаметра земного шара и содержит $1^1/_3$ миллиона верст. Солнце так велико, что, если бы внутри его поместить шар, которого диаметр равнялся бы двойному расстоянию Луны от Земли, то, как показывает рис. 35, от поверхности этого шара до поверхности Солнца оставалось бы почти еще столько же, сколько от центра обоих шаров до Луны. Так как диаметр Солнца в 110 раз больше диаметра Земли, то объем Солнца выходит в 110×110×110, или в $1^1/_3$ миллиона раз больше объема Земли.

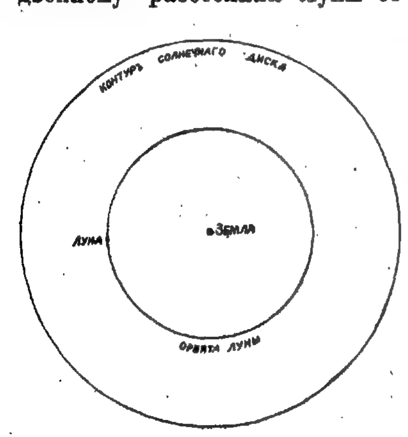


Рис. 35. Величина Солнца.

В беседе о Луне мы узнали, как астрономы высчитали, во сколько раз Луна весила бы меньше Земли, если бы их можно было положить на чашки одних и тех же весов, или, точнее говоря, во сколько раз количество вещества или масса Луны меньше массы Земли (в 80 раз). Несколько иными способами, о которых будет сказано в следующей беседе, астрономы

сумели высчитать также, во сколько раз масса Солнца больше массы земного шара. Оказалось — в 330 тысяч раз. Если припомнить, что объем Солнца в $1^1/_3$ миллиона раз больше объема Земли, то придется заключить, что вещество, материя, из которой состоит Солнце, в среднем, менее плотно, чем вещество Земли. Если бы они были одинаковой плотности, то масса Солнца, так же, как и объем, была бы в $1^1/_3$ миллиона раз больше массы Земли, между тем она только в 330 тысяч раз больше. Число 330.000 составляет, приблизительно, $^1/_4$ числа $1^1/_3$ миллиона, значит, Солнце вчетверо менее плотно, чем Земля. Это — очень важный вывод; он дает возможность судить о том, в каком физическом состоянии находится вещество Солнца — твердо оно, жидко или газообразно (как пар и воздух).

В самом деле, мы подсчитали, что плотность вещества Солнца составляет только $^1/_4$ плотности вещества Земли. Подсчитаем теперь, какова сила тяжести на Солнце, чтобы знать, с какою силою верхние слои солнечной массы давят на нижние слои, лежащие ближе к центру Солнца. Подсчитать это нужно, потому что, чем больше давление на вещество, тем оно делается плотнее и из жидкого может стать твердым, из газообразного — жидким или твердым. Количество вещества в Солнце в 330 тысяч раз больше, чем в Земле. Значит, если бы Солнце, сохраняя то же количество вещества, было такой же величины, как Земля, то оно на поверхности своей притягивало бы все тела к

своему центру с силою в 330.000 раз большею, чем мы видим это на поверхности Земли. Но расстояние от поверхности Солнца до его центра в 110 раз больше расстояния от поверхности Земли до ее центра. Стало быть, как мы знаем из беседы о Луне притяжение на поверхности Солнца от этой причины должно стать в 110×110, или около 12.000 раз меньше. Значит, тела на поверхности Солнца будут весить не в 330.000 раз больше, чем на поверхности Земли, но только в 330.000, деленное на 12.000 раз, т.-е. все-таки в $27^1/_2$ раз. Поэтому человек, весящий на Земле 4 пуда, на Солнце весил бы 110 пудов и был бы раздавлен собственной тяжестью. Отсюда видно, с какою громадною силою верхние слои солнечной массы должны давить на нижние. Теперь спрашивается, в каком же физическом состоянии должно находиться вещество Солнца, чтобы при таком громадном давлении могла удержаться плотность, вчетверо меньшая, чем плотность Земли? Астрономы высчитали, что земной шар, в среднем, в $5^1/_2$ раз плотнее воды, т.-е. если бы земной шар был весь из воды, то он весил бы в $5^1/_2$ раз меньше, чем весит на самом деле. Значит, Солнце, которое вчетверо менее плотно, чем Земля, имеет плотность, в среднем, в $1^1/_2$ раза бо́льшую плотности воды. Отсюда приходится непременно заключить, что, если Солнце состоит из тех же веществ, как и Земля, то почти вся его масса должна находиться в состоянии пара или газа; только на поверхности Солнца пары могут от охлажде-

ния сгущаться в жидкость. Если бы это было не так, если бы, например, железо и другие вещества были на Солнце в жидком состоянии, то громадное давление уплотнило бы жидкость так сильно, что Солнце было бы во много раз плотнее Земли. А что в Солнце имеются те же вещества, как и в Земле, что в нем, например, несомненно, имеется железо, об этом еще будет речь дальше. Раз такие вещества, как железо, находятся на Солнце в состоянии пара, то это значит, что на Солнце и внутри его господствует сильнейший жар, страшно высокая температура.

Вот к каким интересным выводам можно прийти, зная только расстояние, величину Солнца и его массу по сравнению с Землей. И это — самое достоверное из того, что мы знаем о Солнце, так как всё сказанное выше основано на надежных и довольно точных вычислениях. Все, что мы скажем дальше, также весьма поучительно и важно для суждения о том, что такое Солнце, но уже не всё так точно и достоверно известно. Мы будем говорить дальше о том, что видно на Солнце в телескоп, как узнали, из каких веществ состоит Солнце, а также о том, как и откуда получился тот огромный запас тепла и света, которые солнце миллионы лет непрерывно изливает на Землю.

В телескоп мы наблюдаем, конечно, только оболочку громадного солнечного шара и то, что ее окружает. Эта оболочка и испускает ослепительный белый свет; он так ярок, и теплота солнечных лучей так велика, что при

наблюдении Солнца в телескоп глазное стекло трубы (окуляр) должно быть непременно прикрыто темным цветным стеклом; в противном случае, можно обжечь и сильно повредить глазные нервы и даже вовсе лишиться зрения, так как стекла телескопа, как и всякое увеличительное стекло, имеют свойство собирать световые и тепловые лучи в одну точку, в которой и получается сильнейшее нагревание. Сила света, испускаемого солнечной оболочкой, действительно громадна. С нею может сравниться только свет сильной электрической „дуги“, находящейся между концами углей электрического фонаря. И все-таки самая яркая часть электрической дуги светит в 3—4 раза менее ярко, чем солнечная поверхность. Светящаяся оболочка солнца носит у астрономов название фотосферы, т.-е. светящейся шаровой поверхности.

В телескоп фотосфера Солнца не кажется такой однообразно-яркой, как невооруженному глазу; у нее оказывается особенное зернистое строение, изображенное на рис. 36. Кажется, будто какие-то более светлые зерна плавают в более темной окружающей их среде, подобно рисовым зернам, плавающим в супе. При сильном увеличении эти зерна распадаются еще на более мелкие зернышки. Но и самое мелкое из них, доступное телескопу, бывает не менее 150 верст в диаметре. Эти именно зерна испускают ослепительно белый свет. По величине они покрывают только $^1/_5$ часть поверхности солнца, но $^3/_4$ всего солнечного света испускается ими,

и только $^1/_4$ остается на долю более темной окружающей их среды. Зерна фотосферы не суть что-то неизменное: они, несомненно, меняют свою форму и величину и движутся с огромными скоростями. Так как яркий белый свет способны испускать обыкновенно только раскаленные жидкие и твердые тела, газы же (если они не



Рис. 36. Фотосфера Солнца (с пятнами).

сильно сжаты) в раскаленном даже состоянии дают более слабый свет, то можно предположить, что зерна фотосферы, это—сгущенные капли добела раскаленных жидких веществ, плавающие в газообразной среде, подобно тому как капли сгущенного водяного пара, в виде облаков, плавают в земной атмосфере. Вся вообще

масса Солнца находится в сильно раскаленном газообразном состоянии; но поверхность Солнца холоднее, чем внутренность Солнца, и потому на поверхности газы и пары могут сгущаться в жидкости.

В фотосфере часто встречаются более темные места—поры и пятна. Пятна на Солнце бывают иногда так многочисленны и велики, что их можно видеть даже невооруженным глазом сквозь темное или закопченное стекло. Некоторые же пятна (поры) так малы, что в телескоп кажутся не больше мелких зерен фотосферы. Как показывает рис. 37, пятно состоит из более темной средней части, или ядра, которая окружена более светлой каймой, или полутенью. Полутень более темна, чем окружающая фотосфера, и имеет волокнистое строение, напоминающее как бы край соломенной крыши. Развившееся пятно обыкновенно имеет округлую форму; ширина его достигает иногда громадной величины, до 75 тысяч верст. Не нужно, конечно, думать, что ядро пятна есть что-то совершенно темное. Измерение силы его света показало, что оно светит в 500 раз сильнее полной Луны; темною же тень кажется только потому, что окружающая пятно фотосфера гораздо ярче ее. Пятна, как и зерна фотосферы, не представляют собою чего-либо неизменного. Внутри их постоянно происходят изменения и движения с такими же громадными скоростями, как у зерен фотосферы. До своей полной формы пятно развивается обыкновенно не сразу. Сначала в фотосфере появля-



Рис. 37. Солнечное пятно.

ются поры и темные места, которые постепенно образуют одно пятно. Пятно держится в фотосфере, в среднем, не больше двух-трех месяцев, часто менее, изредка дольше, затем волокна полутени начинают в виде „мостов“ перерезывать ядро, перепутываются между собою, и вскоре пятно совершенно исчезает (см. рис. 38 и 39). Часто пятна появляются целыми группами, которые иногда соединяются в одно пятно; иногда же, наоборот, одно пятно разбивается на несколько пятен.

Кроме движений внутри самих пятен, все пятна участвуют еще в особом движении, доказывающем, что Солнце есть шар и, как Земля, вращается вокруг некоторой оси. Пятно показывается на восточном (левом для нас) крае солнечного шара в виде узкой полоски; затем, передвигаясь постепенно к западному краю, оно делается шире и шире; через 6, приблизительно, суток пятно делается наиболее широким и тогда стоит посредине видной нам стороны Солнца. Далее пятно двигается к западному краю Солнца и опять суживается, пока еще через 6 суток не скроется за западным краем Солнца. Эти изменения вида пятен изображены на рис. 40. Такие наблюдения над пятнами и показали, что Солнце вращается вокруг некоторой оси в течение, приблизительно, 25 суток, так что иногда одно и то же пятно через 25 суток вновь показывается на восточном крае Солнца. Вращение совершается в том же направлении, как вращение земного шара, т.-е. против движения часовых стрелок. Концы оси вращения

Солнца, как и у Земли, называются полюсами, а круг, проходящий по поверхности Солнца на равном расстоянии от полюсов, называется солнечным экватором. Вращение Солнца замечательно тем, что различные пояса его движутся с различными скоростями. Именно

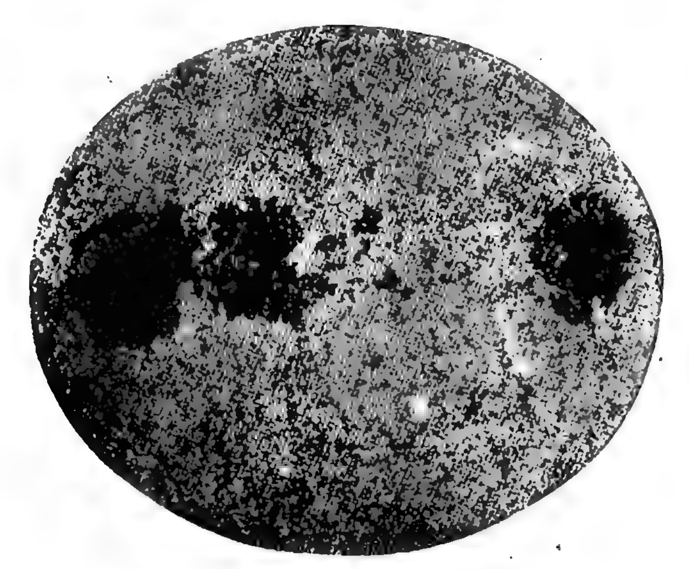


Рис. 38. Изменения внутри пятна.

быстрее всего в 25 суток обращаются пояса, близкие к солнечному экватору. Далее скорость вращения уменьшается, при чем в средних поясах между экватором и полюсами время оборота увеличивается до 27 суток, а вблизи полюсов, может быть, даже до 30 суток.

Такой закон вращения ясно доказывает, что Солнце не может быть твердым телом.

Самые замечательные явления для солнечных пятен следующие. Во-первых, пятна не появляются всюду на поверхности Солнца; существуют границы их распро-

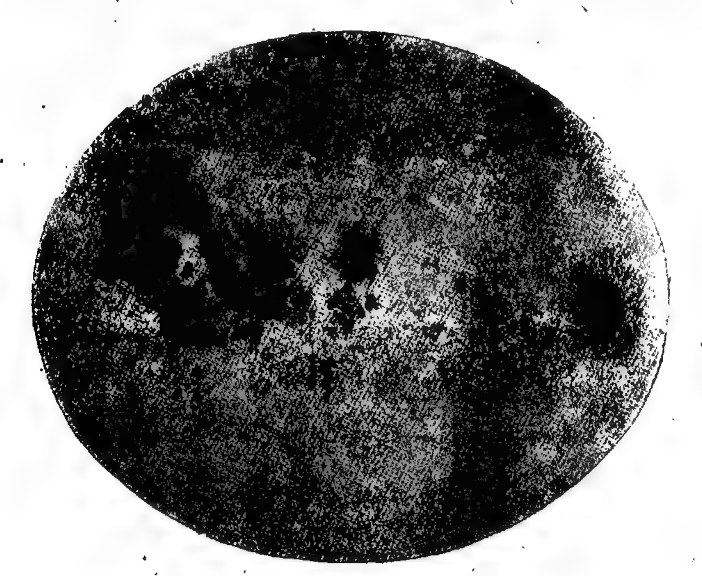


Рис. 39. Изменения внутри пятна.

странения. Как показывает рис. 41, наибольшее количество пятен появляется в поясе между 10-м и 30-м градусами солнечной широты; пятна редки в поясе возле самого экватора и почти не встречаются выше 40-го градуса северной и южной широты Солнца.

Другое, самое интересное явление в жизни солнечных пятен состоит в том, что число их и величина поверхности, которую они покрывают на Солнце, изменяются периодически, т.-е. увеличиваются и уменьшаются через некоторые промежутки времени. Именно, в среднем через каждые 11 лет, но иногда больше, иногда меньше этого срока, число пятен делается наибольшим и через такое же время число их падает до наименьшего; притом время наименьшего числа падает, приблизительно, посредине между временами наибольшего числа пятен, и наоборот. Так, например, наибольшее количество пятен было в 1884, 1894, 1906, 1917 годах, а наименьшее количество было в 1889, 1901, 1913 годах.

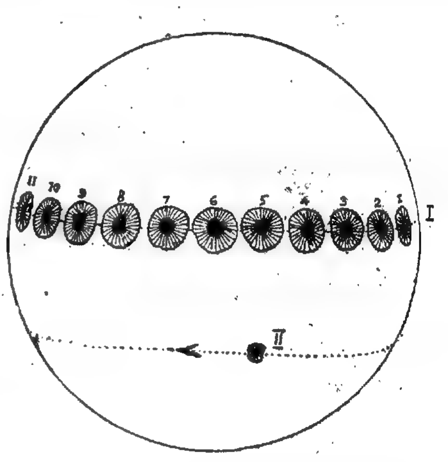


Рис. 40. Изменение формы пятна вследствие вращения солнца.

Влияет ли и каким образом количество пятен на погоду на земном шаре, сказать трудно, так как погода зависит от слишком многих причин. Но на некоторые явления на поверхности Земли солнечные пятна, пови-

димому, влияют. Так, например, при наибольшем количестве пятен бывает наибольшее количество так называемых северных сияний („сполохи“, которые хорошо знают жители северных стран) и наибольшее количество так называемых магнитных бурь, когда стрелки компасов внезапно начинают двигаться, менять свое направление.

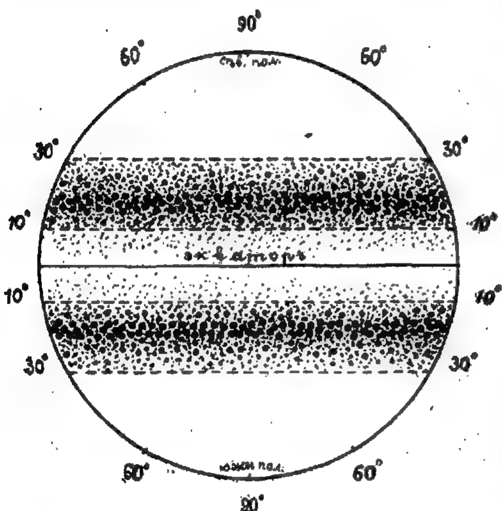


Рис. 41. Распространение солнечных пятен.

Солнечные пятна представляют собою так сказать, облака из различных газов и паров металлов, имеющие более низкую температуру, чем фотосфера. Вероятно, эти газы поднимаются из недр Солнца и охлаждаются при своем поднятии, подобно тому как охлаждаются пары воды, поднимаясь в земном воздухе. Неизвестно пока, почему пятна появляются только в известных поясах солнечной поверхности и почему они появляются периодически в различном количестве.

Возле пятен и в областях пятен очень часто можно наблюдать особые образования, похожие на хлопья белой пены. Это так называемые ф а к е л ы (рис. 42). Они встречаются и отдельно от пятен, притом по всей солнечной поверхности, но у полюсов они попадаются все-таки редко. Факелы суть не что иное, как более возвышенные над средним уровнем части фотосферы.

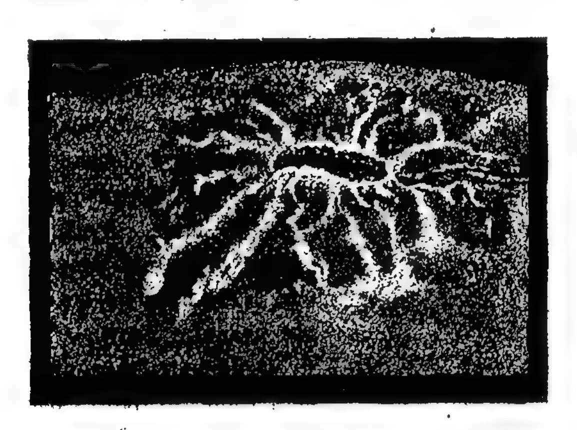


Рис. 42. Пятно, окруженное факелами.

Что Солнце окружено значительной газообразной оболочкой, видно уже из того, что его края менее светлы, чем средина. Если газообразная оболочка Солнца действительно существует, то лучи, идущие от краев фотосферы, должны проходить сквозь более толстый слой газов, чем лучи, идущие из средины. На рис. 43 видно, что луч *ак*, идущий от края Солнца *а*, проходит

сквозь оболочку Солнца более длинный путь *аб*, чем луч *вл*, идущий от средней точки *в* и проходящий в оболочке более короткий путь *вг*. Поэтому на краях Солнца лучи фотосферы более задерживаются, „поглощаются“ газообразной оболочкой, и края кажутся темнее средины солнечной поверхности.

Увидеть в телескоп оболочку Солнца и особые сопровождающие ее придатки можно хорошо во время полного солнечного затмения. Когда Луна совершенно скроет от глаз ослепительно блестящую фотосферу, то вокруг совершенно черного шара Луны показывается огромных размеров сияние, в котором можно отличить две главные части.

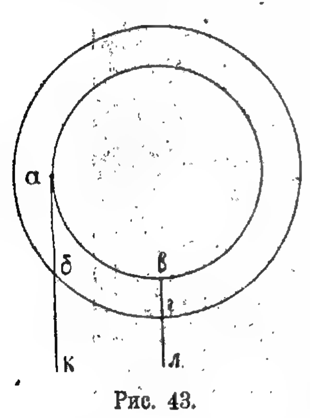


Рис. 43.

Одна часть, нижняя, ближайшая к поверхности Солнца, состоит из струй и потоков алого пламени и, по выражению астронома Ланглея, похожа с виду на горящую степь. Это и есть собственно газообразная оболочка Солнца, или хромосфера (цветная оболочка). Высота этой оболочки — около 10 тысяч верст, что составляет около $^1/_{70}$ доли солнечного радиуса. Вид части хромосферы представлен на рис. 44. Свет ее сам по себе слишком слаб в сравнении со светом нашего воздуха, освещенного Солнцем,

и потому при обычных условиях, без полного солнечного затмения, ее не видно. Главную часть хромосферы составляют газы водород и гелий и пары некоторых металлов: кальция, железа, магния и др. Как это узнали, мы увидим дальше.

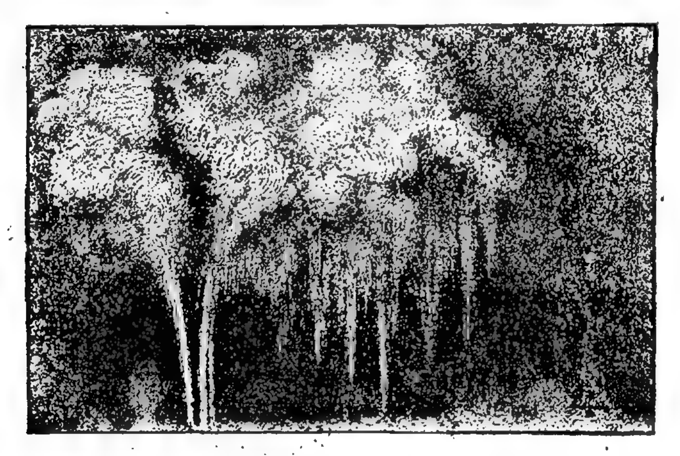


Рис. 44. Хромосфера.

Сквозь хромосферу пробиваются струи и целые громадные фонтаны розовато-алого пламени самых разнообразных форм. Это — выступы или протуберанцы. Различают две главные формы выступов. Первая форма — облачные выступы (рис. 45). Они напоминают своим видом наши облака и распространяются больше в ширину, чем в высоту. Они отличаются спокойным состоянием и сравнительно дольше

других выступов держатся над хромосферой и дольше сохраняют свою форму. В состав их входит, главным образом, водород и кальций. Весьма вероятно, что эти выступы вырываются из под-фотосферы Солнца, но трудно сказать, какая сила поддерживает их в хромосфере, так как сама хромосфера состоит, повидимому, из столь же легкого вещества, как эти выступы. Очень

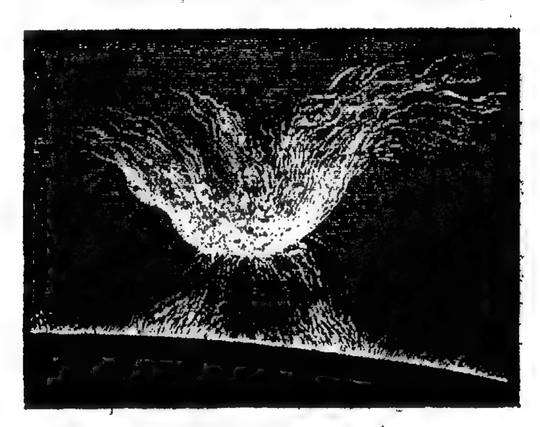


Рис. 45. Облачный выступ.

возможно, как теперь и думают, что их поддерживает отталкивающая сила солнечных лучей или, точнее, сила давления, сила толчков, производимых движением особого рода неизвестного нам вещества: движения этого вещества (эфира) и сопровождают, как думают, явления света, теплоты и электричества. Вторая форма выступов называется изверженными выступами.

Это явление отличается бурным характером, и по форме изверженные выступы напоминают вихри, смерчи, языки и снопы пламени и т. п. Их высота доходит иногда до 400 тысяч верст (над фотосферой), т.-е. больше половины солнечного радиуса. Таков изверженный выступ, изображенный на рис. 46 и наблюдавшийся 11 июля 1892 года. Скорость передвижения огромных газовых



Рис. 46. Изверженный выступ.

масс в этих выступах так велика, что достаточно бывает 30—40 минут, чтобы все явление началось и окончилось. Скорость эта должна достигать 400 верст в секунду. В состав этих изверженных выступов входит водород и пары металлов кальция, магния и некоторых др. Эти выступы, несомненно, представляют собою бурные извержения громадной массы газов и паров, выбрасы-

ваемых внутренним ядром Солнца сквозь фотосферу. Извержение может происходить вследствие расширения этих паров и газов под влиянием высокой температуры, господствующей внутри солнечной массы.

Выступы встречаются по всей поверхности Солнца, но чаще всего в областях солнечных пятен и реже всего возле полюсов Солнца. Это указывает, повидимому, что и пятна, и факелы, и протуберанцы (выступы) производятся одними и теми же громадными силами, которые действуют внутри раскаленной массы газов и паров, составляющих солнечное ядро; но пятна образуются при некоторых особых условиях и потому встречаются только в определенных поясах солнечной поверхности.

Вторая часть оболочки Солнца гораздо больше по размерам и имеет совершенно иное строение, чем хромосфера. Она состоит из нежных лучей слабого жемчужного света, длина которых простирается до $1^1/_2$ миллионов верст, т.-е. на величину солнечного диаметра, а иногда и дальше. Это поразительно красивое сияние называется **короной** и принимает самые разнообразные, прихотливые формы. Понятие об этих формах дают рисунки 47 и 48, изображающие корону Солнца в 1867 и 1868 годах. Замечено, что вообще лучи короны длиннее возле экватора, чем у полюсов Солнца, т.-е. длиннее именно там, где наиболее напряженно действуют внутренние силы Солнца. Почти несомненно, что в состав короны входит какое-то пыле-

образное твердое вещество или же холодный, не светящийся газ, так как свет ее оказывается отчасти одинаковым со светом фотосферы, который, надо думать, и отражается этим твердым веществом или газом. Кроме того найдено, что корона испускает еще лучи особого света, который происходит, вероятно, от свечения особого, неизвестного нам газа. Но какие причины про-

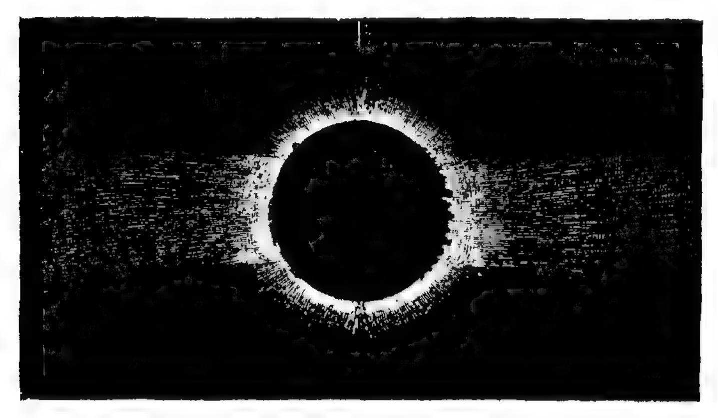


Рис. 47. Корона Солнца.

изводят явление короны, вопрос пока еще весьма темный. Возможно опять таки, что пылеобразное вещество, отраженный свет которого и производит, быть может, это красивое явление, удерживается над поверхностью Солнца отталкивательною силою солнечных лучей.

Посмотрим теперь, каким же способом добыты сведения о составе Солнца, о веществах, из которых оно

состоит. Еще лет шестьдесят [тому назад не верили в возможность узнать что-либо о веществах, из которых состоит Солнце. Но в 1859 г. двумя учеными Бунзеном и Кирхгофом было сделано важное открытие, кото-

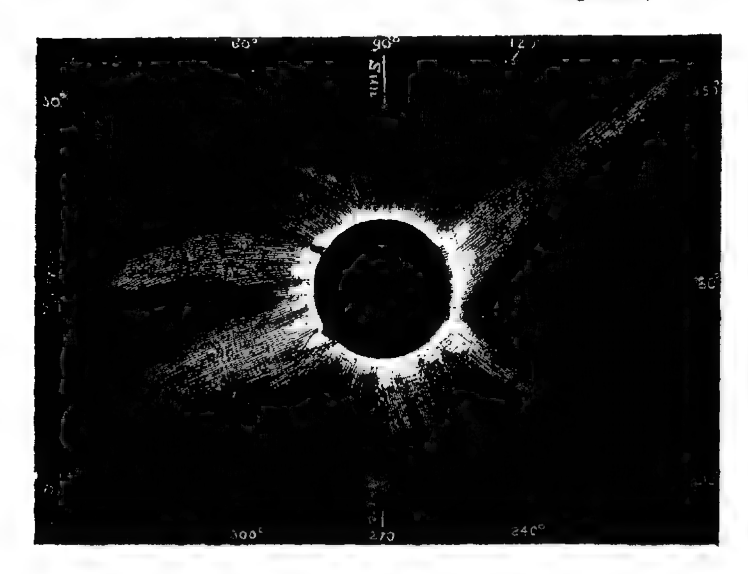



Рис. 48. Корона Солнца.

рое позволило проникнуть в химический состав Солнца и звезд.

На первый взгляд самая мысль о возможности знать что-нибудь о составе небесных светил кажется, действительно, странной. Спрашивается, какое же возможно средство, чтобы узнать это, есть ли такой посредник

между небесными светилами и нашими глазами, который помог бы нам раскрыть тайну состава небесных светил? А кроме глаз ведь мы не можем здесь прямо пользоваться никакими другими органами наших чувств. Такой посредник существует. Это—световой луч.

Было время, когда не знали, какую глубоко интересную и сложную вещь представляет собою кажущийся таким простым белый луч солнечного света. Но еще Ньютон в XVII столетии показал, что этот белый луч состоит из неисчислимого количества лучей самых разнообразных цветов, с самыми тонкими, постепенно переходящими один в другой оттенками. Опыт Ньютона состоял в следующем. Лучи солнечного света пропускаются сквозь тонкую щель в ставне *O* (рис. 49) в темную комнату и принимаются на трехгранное стекло, или стеклянную призму *A*, обращенную на чертеже ребром вниз. По другую сторону призмы располагается натянутое вертикально полотно (или белая бумага)—экран *Э*, на который и падают лучи после прохождения их сквозь призму. Лучи, проходя через призму, изменяют свое направление, отклоняются к той грани, которая противоположна нижнему ребру (на рисунке —вверх). Это отклонение, или преломление лучей в стеклянной (и всякой иной призме) было давно известно. Но на экране обнаруживается неожиданное явление: вместо ожидаемой белой полосы такой же формы, как отверстие в ставне, получается целая радужная полоса *C*, по ширине равная щели,

но гораздо более длинная. В этой полосе можно отличить семь главных цветов: **красный**, **оранжевый**, **желтый**, **зеленый**, **голубой**, **синий** и **фиолетовый** с бесчисленным множеством переходных оттенков (как в радуге). Цветную полосу назвали **спектром**. Спрашивается, как же объяснить происхождение спектра солнечного луча? Единственно возможное

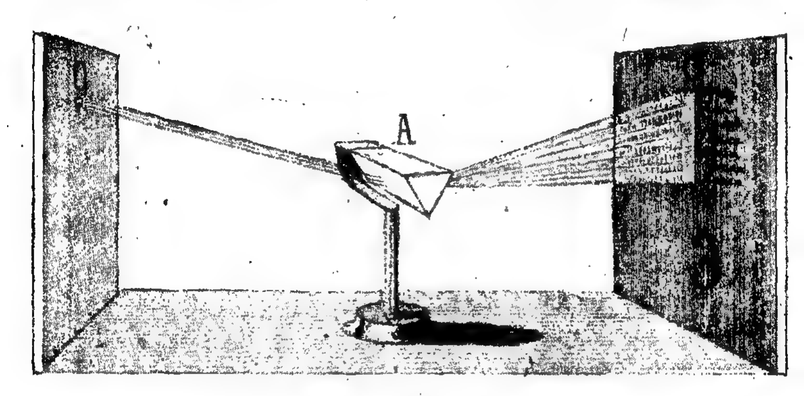



Рис 49. Спектр солнечного луча.

объяснение состоит в том, что белый луч света — не простой луч, но сложный и состоит из бесчисленного множества лучей различных цветов от красного до фиолетового. Эти лучи имеют свойство в различной степени преломляться, проходя через призму: наиболее отклоняется фиолетовый луч, наименее — красный. Вот почему фиолетовая полоса, **фиолетовое изображение щели** получилось у нас выше всех

других, а красная полоса, красное изображение—ниже всех других. Отсюда можно вывести, что, если, наоборот, соединить вместе, смешать все радужные цвета, то глаз перестанет отличать их друг от друга, и получится впечатление белого цвета. Ньютон и доказал это. Он брал порошки всевозможных цветов радуги, от красного до фиолетового со многими оттенками, и смешивал их вместе. Получался порошок, который на Солнце казался белым, как снег. Таково было первое важное открытие относительно природы солнечного луча.

Прошло много лет, и дело не двигалось дальше. Наконец, в начале уже XIX столетия (1814) Фраунгофер открыл, что спектр солнечного луча не сплошной, но перерезан множеством тонких, темных линий, до того тонких, что без сильного увеличения их видеть нельзя. Этих темных, или фраунгоферовых линий насчитывают теперь многие тысячи, но что они значат, так и оставалось неизвестным вплоть до 1859 года. В этом году Бунзен и Кирхгоф стали изучать спектры всевозможных светящихся тел и пришли к новому, весьма важному открытию. Для своих целей Бунзен построил особый прибор — спектроскоп, изображенный на рис. 50. Главную часть прибора составляет стеклянная призма *P*, стоящая на подставке. Лучи какого-нибудь светящегося тела *E* проходят сквозь щель трубы *A* и через стекло этой трубы выходят наружу параллельными, как бы одним лучом. Далее они падают на призму *P* и преломляются в ней; разно-

цветные лучи разделяются и вступают в трубу $B$, где около глазного стекла (окуляра) и получается спектр светящегося тела; спектр рассматривается в увеличительные стекла окуляра. В трубе же $C$ вставлена шкала, т.-е. разделенная на мелкие деления линейка; труба эта может быть установлена так, что наблю-

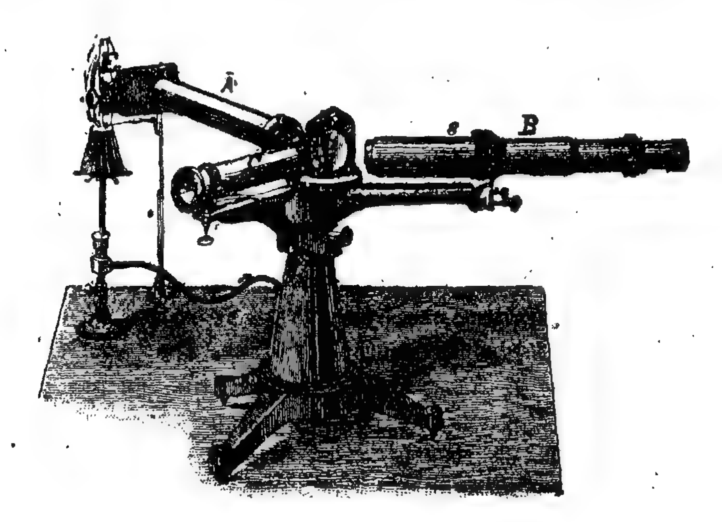



Рис. 50. Спектроскоп Бунзена.

датель, глядящий в трубу $B$, увидит рядом со спектром и шкалу и сможет поэтому измерить расстояния линий спектра друг от друга.

Бунзен и Кирхгоф стали подробно изучать спектры различных тел, твердых, жидких и газообразных в рас-

каленном состоянии, когда тела испускают световые лучи. И они пришли к следующим важным и интересным выводам.

1. Добела раскаленные твердые и жидкие тела (например, железо или расплавленная платина), а также сильно сжатые раскаленные газы и пары дают спектр из всех цветов радуги, но без темных фраунгоферовых линий.

2. Раскаленные и вообще светящиеся (не сжатые) газы дают совершенно особый спектр, состоящий из нескольких узких полос или линий, смотря по ширине щели, различного цвета, разделенных темными пространствами.

3. Еще более любопытное явление получается, если лучи добела раскаленного твердого или жидкого тела пропустить сначала сквозь пламя газа или пара какого-нибудь вещества, а затем уже принять их на щель спектроскопа. Тогда оказывается, что как раз именно на месте той цветной полоски, которую давал бы газ или пар, в спектре белого луча получается темная линия (сравни, например, желтую полосу в спектре натрия и темную линию *D* в желтом цвете солнечного спектра). Выходит так, что в белом луче при прохождении его через газ или пар этот газ или пар „поглощает", задерживает именно те лучи, которые испускает сам. И когда Бунзен и Кирхгоф изучили таким образом множество тел, то оказалось, что каждое вещество дает в спектре совершенно определенное число линий в опре-

деленных частях спектра. Так, например, пары **натрия** дают темную линию в желтой части спектра; пары **магния**—во многих частях; пары **кальция**— несколько линий в желтой и голубой части и т. д. Линии эти всегда занимают определенное положение в спектре и всегда бывают в определенном числе. Поэтому по спектральным линиям можно точно узнавать, от какого вещества они произошли, и открывать присутствие в светящемся теле этих веществ.

Теперь стало совершенно ясно, какое значение в спектре Солнца имеют фраунгоферовы линии. Они могут происходить только оттого, что белый свет каких-нибудь раскаленных жидкостей (например, капель в зернах фотосферы) или сильно сжатых давлевлением раскаленных газов и паров (составляющих ядро солнца) проходит сквозь несжатые давлением пары и газы различных веществ, находящиеся в хромосфере, особенно в самом нижнем слое. По этим-то фраунгоферовым линиям и узнали, что в состав Солнца входит железо (больше 2.000 линий), водород, гелий, углерод, кальций (75 линий), магний (20), натрий (11) и другие вещества; что выступы состоят из водорода и паров металлов кальция, магния и некоторых др.; что в короне Солнца есть вещество, отражающее солнечные лучи, так как ее спектр отчасти одинаков с солнечным, и, кроме того, неизвестное газообразное вещество, испускающее собственные лучи, так как в спектре короны найдены линии, не принадлежащие ни одному из известных веществ.

Эти наблюдения и выводы очень важны. Они доказывают единство вещества во вселенной, т.-е. доказывают, что Солнце (и звезды) составлены из тех же веществ, как и Земля. Но самые наблюдения и особенно выводы из них требуют большой осторожности и искусства. Дело в том, что в спектральных линиях могут происходить изменения в зависимости от того, при каких условиях находится вещество, производящее эти линии. Например, если газ или пар сильно сжат, все линии смещаются к красному концу спектра, а при уменьшении сжатия — к фиолетовому концу. При охлаждении газа линии делаются более широкими. Поэтому не всегда легко по положениям линии узнавать присутствие в светящемся теле того или другого вещества. На Солнце же должны существовать такие громадные *давления и такая высокая температура*, каких мы на Земле не наблюдаем. Поэтому и суждения наши о составе Солнца могут быть не всегда достоверными. Только при большом количестве совпадающих линий и при постоянстве их положения (как, например, для железа, водорода) можно достоверно сказать, что такое-то вещество существует на Солнце. Все названные выше вещества на Солнце, несомненно, существуют.

Вы видите теперь, как много узнали уже люди о Солнце благодаря телескопу и особенно спектроскопу. Но, несмотря на значительное количество этих сведений, мы все-таки не можем с точностью и ясностью

решить вопрос о том, что такое Солнце, каково его строение и какие силы производят явления, наблюдаемые нами на его поверхности; мы, в сущности, еще не знаем даже подробно, как именно происходят эти явления (например, явления пятен, взрывы выступов). На эти наиболее интересные вопросы можно, однако, дать некоторые более или менее достоверные ответы, когда мы решим главный вопрос: откуда берутся или как произошли те громадные количества тепла и света, которые Солнце, уже на глазах людей, многие тысячелетия изливает на Землю, и почему Солнце, повидимому, нисколько не охлаждается и не ослабевает в своем блеске? К счастью, именно на этот вопрос теперь возможно ответить довольно точно благодаря главным образом великому открытию гениального немецкого врача-естествоиспытателя Роберта Майера. В чем состояло его открытие, мы скажем ниже, а теперь, прежде всего, посмотрим, как велико количество тепла, излучаемого Солнцем в пространство. Зная, хотя бы приблизительно, величину этого излучения, можно уже будет говорить и о причинах его происхождения.

Прежде всего, чтобы измерить количество тепла, нужно, как и во всяком измерении, выбрать единицу меры. Для измерения длин существуют единицы длины, для измерения веса — единицы веса и т. д. Существует единица и для измерения количеств теплоты.



Рис 51. Роберт Майер.

Теперь почти всякий знает, что такое *термометр* — прибор для измерения *температуры* тела, т.-е. для сравнения, какое тело теплее, какое холоднее. Это — простая тонкая стеклянная трубка с шариком на конце и с другого конца запаянная (рис. 52). Шарик (и часть трубки) наполняются ртутью. Трубку опускают сначала в тающий лед. Ртуть тогда останавливается на определенной высоте в трубке и не движется, пока лед весь не обратится в воду, и вода не станет нагреваться. Это так называемая *точка таяния* или *плавления льда*. В месте остановки ртути на трубке ставят цифру 0 (нуль). Далее трубку опускают в кипящую воду. Ртуть поднимается, опять останавливается на определенной высоте и стоит, пока вся вода не превратится в пар, и пар не начнет нагреваться. Это — *точка кипения воды*. Здесь ставят цифру 100, а все пространство между цифрами 0 и 100 делят на 100 равных частей, или *градусов температуры*. Получается термометр стоградусный, или термометр *Цельсия*. Чем теплее тело, тем выше становится нагреваемая им ртуть.



Рис. 52.

Единицей количества теплоты называется такое ее количество, которое необходимо, чтобы нагреть 1 килограмм (около $2^1/_2$ фунтов) воды на 1 градус по Цель-

сию. Эта единица называется калорией. Теперь, выбрав единицу количества теплоты, для измерения количества теплоты, излучаемой Солнцем, можно поступить так. Берут плоский цилиндрический сосуд *а* с вычерненной крышкой (рис. 53) и длинною трубкою *в*, через которую вставляется термометр для наблюдения за температурой воды. Площадь крышки точно известна. Нижний круг *б* служит для того, чтобы ставить крышку прибора перпендикулярно к солнечным лучам. Если это сделано, то тень от сосуда *а* покроет круг *б*. Количество налитой в сосуд воды тщательно взвешивается, и весь прибор выставляется на Солнце.

Рис. 53.

Производя опыт известным образом, можно определить, на сколько градусов солнечные лучи нагревают поверхность сосуда в известное определенное время, например, за 10 минут, а затем подсчитать, какое количество теплоты получено этою поверхностью за 10 минут. Положим, что воды было $\frac{1}{2}$ килограмма; температура поднялась за 5 минут на 8 градусов, а площадь верхней крышки сосуда равна

400 кв. сантиметрам. Значит, за 5 минут эта площадь получает $\frac{1}{2} \times 8 = 4$ калорий, в 1 минуту $\frac{4}{5}$ калории. Рассчитаем теперь на кв. метр, который содержит 10.000 кв. сантиметров. Надо $\frac{4}{5}$ умножить на 25 (10.000 в 25 раз больше 400). Получим 20 калорий. Для полной точности нужно еще учесть, какая доля солнечного тепла поглощается нашим воздухом. Таким образом узнали, что каждый квадратный метр получает от перпендикулярно падающих лучей Солнца 20 калорий в минуту (метр $= 1^2/_5$ аршина, кв. метр = почти 2 кв. аршинам). Чтобы рассчитать, какое количество калорий испускает каждый кв. метр солнечной поверхности, надо вообразить, что наш квадратный метр помещен на поверхности самого Солнца. Конечно, он нагревается тогда сильнее и за ту же минуту получит гораздо большее количество тепла, так как станет ближе к центру Солнца в 215 раз (расстояние от Земли до Солнца содержит 215 солнечных радиусов). Чтобы произвести расчет, нужно 20 калорий помножить, как показывает физика, на $215 \times 215$. Выйдет 925.000 в минуту, или больше 15 тысяч калорий в каждую секунду. Столько тепла излучает в секунду каждый кв. метр солнечной поверхности. Если же рассчитать на всю поверхность Солнца, то выйдет огромное число:

94 000 000 000 000 000 000 000

калорий в каждую секунду. Земля перехватывает меньше одной двухмиллиардной доли тепла, испускаемого Солнцем, т.-е. чтобы перехватить все тепло Солнца, нужно было бы окружить Солнце со всех сторон больше, чем двумя тысячами миллионов земных шаров, помещенных тесно друг около друга на поверхности шара такого радиуса, каково расстояние от Земли до Солнца (140 миллионов верст). И, однако, как показывает вычисление, тепла, получаемого Землей, достаточно, чтобы в один год расплавить слой льда в 10 сажен высоты, если бы этот слой покрывал весь земной шар.

Теперь спросим себя, каким образом при такой громадной потере тепла в каждую секунду Солнце давно уже не охладилось и не погасло? Изучение древних памятников различных народов, живших 3, 4 тысячи лет назад, например, египтян, показывает, что и тогда Солнце светило и грело так же, как теперь. Каким же образом пополняет Солнце потерю такого громадного количества тепла? Чтобы ответить на этот вопрос, нужно разобрать, какие в природе имеются источники теплоты, т.-е. какие явления ее вызывают, и выбрать такой источник, который разрешал бы вопрос.

Первое, что приходит в голову, это—горение каких-либо веществ. Но простое вычисление показывает, что этот источник непригоден: если бы Солнце все состояло из каменного угля, то от непрерывного горения этого угля развивалось бы такое количество теплоты, кото-

рого хватило бы самое большое на 4 тысячи лет. Какое бы мы вещество ни взяли, при горении получилось бы количество тепла не большее, чем сейчас указано для каменного угля.

Есть еще один источник тепла, это — удар тел друг о друга или сжатие тела, т.-е. удар друг о друга его сближающихся частиц. Всем известно, что при ударе быстро летящей пули о стальную броню пуля может расплавиться; что ударами молота можно разогреть железо и т. п. Но только после исследований Роберта Майера поняли все значение в природе этого источника теплоты, а главное — научились подсчитывать количество теплоты, производимое ударом данного тела.

Роберт Майер в первый раз показал, что теплота, как и всякая сила, не может появиться из ничего, но требует для своего появления затраты известной работы, затраты какой-нибудь другой силы. Теплота есть сила, так как она способна производить работу: она производит расширение тел, заставляет пары воды подниматься и т. п. Чтобы произвести эту силу, необходимо также затратить известное количество силы. Например, когда при сверлении пушек получается значительное количество теплоты, разогревающей инструменты и пушечный металл, то теплота эта происходит вследствие работы, которая затрачивается сверлильными машинами. Точно так же теплота, получаемая при ударе пули о броню, развивается на счет работы, которую производит пуля, стремясь пробить броню, раз-

двинуть ее плотно сдвинутые частицы; подобно этому разогревается гвоздь, когда мы вбиваем его в неподатливую стену. Такие факты были давно известны, но только Р. Майеру удалось объяснить их, как следует, и высчитать, какое нужно затратить количество работы, чтобы произвести данное количество теплоты.

Работа силы, как и всякая другая величина, измеряется своими особыми единицами. За единицу работы принимается работа, которую нужно затратить, чтобы поднять один килограмм на высоту одного метра. Такая работа называется килограммометром. Р. Майер задал себе и разрешил следующий вопрос: какое необходимо затратить количество килограммометров, чтобы получить одну калорию? Если мы будем знать это, то будем в состоянии вычислить, какое количество теплоты развивается при падении данного тела с данной высоты на поверхность Солнца, и удостовериться, возможно ли считать удары источником солнечной теплоты. Способ вычисления Р. Майера гениален по своей простоте. Р. Майер знал следующее. Если нагревать воздух сначала в закрытом сосуде так, чтобы он не мог расширяться, а затем в сосуде, прикрытом только поршнем, так что воздух расширяется свободно, то для нагревания воздуха на 1 градус Ц. потребуется в обоих случаях различное количество теплоты. Например, если сосуд содержит 1.000 кило-

граммов воздуха, то в первом случае потребуется 168 калорий, а во втором 237 калорий. Спрашивается, почему получается разность в 69 калорий на 1.000 килограммов воздуха, или $\frac{69}{1000}$ калорий на каждый

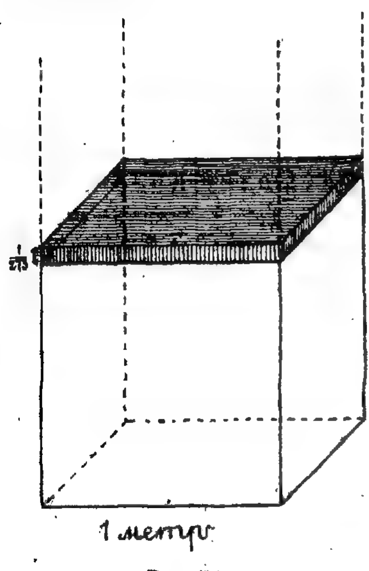



Рис. 54.

килограмм? Эта разность тратится именно на расширение воздуха во втором случае. Расширяясь, воздух производит определенную работу, а именно: он, двигая поршень, приподнимает весь столб воздуха, находящийся над поршнем. И эту работу можно подсчитать, нужно только знать вес поднимаемого столба воздуха и величину, на которую приподнимается поршень при нагревании воздуха на 1 градус Ц. Положим, что воздух заключен в сосуде, который имеет форму куба; длина, ширина и высота этого куба равны 1 метру (см. рис. 54). Сосуд сверху прикрыт поршнем. Если взвесить, то воздуха окажется 1.293 грамма или $1\frac{293}{1000}$ килограмма (так как килограмм содержит

1.000 граммов). Если нагреть воздух на 1 градус Цельсия, то придется затратить только на его расширение, как указано выше, 69 калорий на каждую тысячу килограммов, или $\frac{69}{1000}$ калории на каждый килограмм, а всего $\frac{1293}{1000} \times \frac{69}{1000}$ калории, или, иначе, 89217 миллионных долей (около $\frac{9}{100}$ долей) калории. Остается подсчитать, какую работу совершит расширение воздуха, поднимающего поршень. Опыт показывает, что при нагревании на 1 градус Цельсия поршень поднимается на $\frac{1}{273}$ долю метра, а вес столба воздуха над поршнем можно вычислить с помощью барометра — прибора, показывающего величину давления воздуха.

Еще ученик Галилея Торичелли показал, что, если взять запаянную с одного конца трубку со ртутью длиною больше 30 дюймов и, закрыв ее отверстие пальцем, погрузить открытый конец в чашку со ртутью, то ртуть вся не выльется, но только несколько опустится и остановится на высоте около 30 дюймов, или 76 сантиметров (рис. 55). Ртуть поддерживается в трубке именно давлением воздуха, который своим весом давит на ртуть в чашечке, а отсюда давление передается внутрь трубки. Значит, воздух давит на площадку, равную отверстию трубки, с такою же силой,

как вес столба ртути в трубке высотою в 76 сантиметров. Вес ртути не трудно отыскать, а потом и подсчитать, каков вес столба воздуха, который давит на площадку, равную поверхности поршня в опыте, изображенном на рис. 54. Выйдет 10.305 килограммов. Такой вес поднимается поршнем на высоту $\frac{1}{273}$ метра, значит, расширение воздуха, поднимающего поршень, совершает работу, равную $\frac{10305}{273}$ долям килограммометра (т.-е. около 38). Столько работы получается, когда мы затратили на нагревание воздуха 89.217 миллионных или (около) $\frac{9}{100}$ долей калории. Не трудно теперь уже высчитать, что, если бы мы **затратили ровно 1 калорию, то была бы произведена работа в 423 килограммометра**. Наоборот, **чтобы произвести одну калорию, нужно затратить работу в 423 килограммо-метра**, т.-е. работу, которая совершается при подъеме 1 килограмма на 423 метра или 423 килограммов на 1 метр.

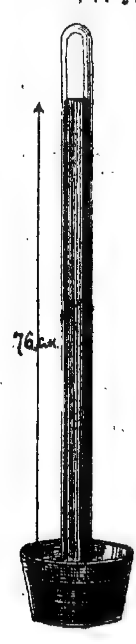


Рис. 55.

После этого великого открытия Р. Майеру уже не трудно было подсчитать, какое количество вещества должно было бы падать на Солнце, чтобы поддержать

его тепловое излучение на неопределенно долгое время. Оказалось, достаточно, чтобы на Солнце падало ежегодно такое количество вещества, вес которого равен $\frac{1}{100}$ веса земного шара. Спрашивается, существует ли такое вещество? Р. Майер полагал, что это вещество доставляют так называемые **метеориты**, т.-е. небольшие угловатые камни, которые всюду носятся в небесных пространствах. Мы наблюдаем их и на Земле в виде падающих звезд, когда они попадают в земную атмосферу и загораются вследствие удара и трения о нее (см. дальше беседу VI). Несомненно, что таких метеоритов должно быть очень много возле Солнца. Может быть, ими производится и явление солнечной короны. Часть потери тепла Солнцем, несомненно, восполняется таким путем. Но все-таки нужно признать, что метеоритов по этой теории падало бы слишком много. Земля была бы засыпана ими, и температура ее сильно повысилась бы, да и масса Солнца все время бы возростала, а это отразилось бы на движении планет. Значит, теория Р. Майера не вполне достаточна для объяснения теплового лучеиспускания Солнца. Но ее можно несколько изменить, и тогда получается удовлетворительное объяснение.

Можно самый вопрос поставить не так, как мы его поставили выше. Можно спрашивать не то, каким образом Солнце **восполняет** ежегодно потерю тепла, но то, каким образом мог получиться такой громадный

запас тепла, которого хватило бы на миллионы лет при нынешней величине ежегодной потери. Предположим, что вещество Солнца было некогда, миллионы лет тому назад, в сильно разреженном состоянии и распространялось гораздо дальше самой далекой от него планеты, пусть в тысячу, миллион раз дальше Земли, пусть даже просто сколь угодно далеко. Частицы такого разреженного вещества должны были, по закону тяготения Ньютона, стремиться к общему центру, а все вещество постепенно сжиматься, сгущаться. Вычисление показывает, что, если такое разреженное вещество сжалось бы до нынешних размеров Солнца, то от этого сжатия развилось бы громадное количество тепла, которого хватило бы на 18—20 миллионов лет. Чтобы представить себе, как велик вышел бы запас тепла и как незначительна в сравнении с ним ежегодная нынешняя потеря тепла Солнцем, предположим, что у нас имеется запас зерна в 150 тысяч пудов, и мы ежегодно берем из этого запаса всего только по *одному* зерну. Тогда весь запас зерна изобразит запас солнечной теплоты, а одно зерно — ее ежегодную трату.

Таким образом, для объяснения происхождения солнечной теплоты приходится предположить, что вещество Солнца было когда-то в крайне разреженном состоянии, а само Солнце было *туманностью*, подобной тем, которые мы часто встречаем в небесных пространствах. Такова туманность, изображенная на рисунке 56 и находящаяся в созвездии Андромеды. В ней видно

спиральное строение туманной материи и сгущение в центре, т.-е. образование звезды, подобной нашему Солнцу.



Рис. 56. Туманность в созвездии Андромеды.

Итак, громадный запас солнечной теплоты произошел, вероятно, вследствие сгущения первичной туманности, которою было когда-то Солнце (вместе с Землей

и планетами, его окружающими). Это сгущение продолжалось весьма долгое время. Оно должно продолжаться и теперь вследствие потери тепла, испускаемого в холодное мировое пространство. В свою очередь, как показывают опыты, сжатие газообразной массы Солнца вследствие его охлаждения само может стать источником, восполняющим теплоту, теряемую Солнцем. Вычисление показывает, что достаточно, чтобы диаметр Солнца уменьшался на одну версту в 15 лет, и тогда вся теряемая теплота будет восполняться. Такое сжатие мы могли бы обнаружить путем измерений не раньше, как через 10 тысяч лет.

Но, чтобы громадная ежегодная потеря тепла Солнцем не привела к быстрому охлаждению его поверхности и не превратила эту поверхность сначала в жидкую оболочку, а затем и в твердую кору, необходимо, чтобы в лучеиспускании тепла участвовала вся масса Солнца, а не одна только его поверхность. Нужно, чтобы вся масса Солнца была газообразной и чтобы внутри этой массы температура была весьма высока, гораздо выше чем на поверхности. Громадность солнечной температуры даже на его поверхности доказана опытами с зажигательными стеклами: оказалось, что в фокусе этих стекол получается такая высокая температура, что в ней плавится платина и, вообще, все самые тугоплавкие вещества.

В последнее время оказалось возможным определить температуру поверхности Солнца. Из наблюдений в

земных лабораториях была выяснена связь между температурой источника тепла и количеством тепла, которое испускает в пространство 1 кв. метр его поверхности; мы уже видели, что это количество тепла у Солнца около 920.000 калорий в минуту. Отсюда при помощи формулы получается, что средняя температура поверхности Солнца 6.000 градусов. Только благодаря этой высокой температуре и газообразному состоянию всей массы Солнца, громадная потеря теплоты не приводит к охлаждению и отвердеванию солнечной поверхности.

Физическое устройство Солнца, вероятно, таково.

Наружный слой солнечной массы охлаждается от соприкосновения с окружающим холодным пространством. Часть газообразных веществ сгущается и производит облака фотосферы, т.-е. всегда видимой нами ослепительно блестящей солнечной оболочки. Охлажденные газы, сделавшись более тяжелыми, чем окружающая газообразная среда, опускаются вниз, к центру Солнца.

Господствующая здесь высокая температура заставляет охлажденные газы расширяться и с силой выталкивает их вверх. Прорывая фотосферу, эти восходящие токи газов образуют в фотосфере и хромосфере явления выступов, факелов и пятен. Выше фотосферы (вероятно, также и ниже ее) лежит слой более легких газов и паров, образующих хромосферу. Сквозь эту хромосферу проникают белые лучи зерен фотосферы и сильно сжатых громадным давлением газов и паров центрального ядра, и потому в спектроскопе мы наблюдаем темные

фраунгоферовы линии, принадлежащие тем веществам, из которых состоит хромосфера. Нисходящие и восходящие токи охлаждающихся и вновь разогревающихся газов приводят к тому, что вся масса Солнца участвует в лучеиспускании, и потому поверхность Солнца не охлаждается, несмотря на весьма низкую температуру окружающего пространства. Таким образом Солнце можно представлять себе как огромную тепловую, газовую или паровую машину, газы и пары которой находятся под влиянием двух сил. Одна сила есть сила сжатия внутренних слоев верхними; она производит огромное нагревание внутренних слоев; другая сила — расширение газов и паров вследствие громадного нагревания и вследствие давления света; эта сила выталкивает газы и пары вверх и производит те явления, которые мы наблюдаем на поверхности Солнца.

Вот самое главное, что мы можем сказать более или менее достоверного о строении Солнца. Но это еще не все для полного суждения о том, что такое Солнце.

Сравнение спектров солнца и звезд показывает, что каждая звезда также представляет собою солнце, так как в спектрах звезд имеются такие же фраунгоферовы линии, как и в спектре Солнца, только в другом числе и различной напряженности (об этом еще будет сказано более подробно в беседе VI). Звезды различают, между прочим, по их цвету. Половина всех известных нам звезд — белые, $^3/_8$ — желтые и $^1/_8$ — красные. Каждому цвету принадлежит свой особый спектр; например, у бе-

лых звезд фиолетовая часть спектра сильнее красной, а у красных—наоборот. Желтые же звезды имеют спектр, совершенно почти одинаковый со спектром Солнца. Поэтому Солнце нужно причислить к классу желтых звезд.

По степени раскаленности белые звезды считаются наиболее раскаленными, красные наименее раскаленными, уже потухающими светилами. По нынешним взглядам в науке считается, что все звезды, как и Солнце, произошли из туманностей путем их сгущения около некоторого центра. Сгущение вещества туманности произвело огромный запас тепла, который может быть израсходован только в течение десятков миллионов лет. При наиболее сильном повышении температуры звезда является белой, при понижении температуры — желтой и, наконец, — красной. Поэтому можно думать, что каждая звезда постепенно переходит сначала от красного цвета через желтый к белому, а потом, при постепенном охлаждении, опять через желтый к красному, пока не покроется темною корою и совершенно не погаснет. Значит, если задать вопрос о том, долго ли еще будет светить Солнце, то нужно будет ответить, что это зависит от того, прошло ли уже Солнце ступень белого цвета или еще ему предстоит ее пройти. Но, во всяком случае, если даже ступень белого цвета уже пройдена, то все-таки света и тепла Солнца хватит на несколько миллионов лет. И только тогда, когда непрерывная потеря тепла охладит и сгустит массу Солнца настолько, что будут затруднены нисходящие и восходящие токи

газов, когда не вся масса Солнца будет участвовать в его лучеиспускании, а только его поверхность, — только тогда начнется быстрое и заметное охлаждение и отвердевание Солнца, которое когда-нибудь превратит Солнце в такое же темное, сравнительно холодное тело, как Земля, и прекратит всякую жизнь на земле.

Чтобы, в конце концов, полнее ответить на вопрос, что такое Солнце, мы прибавим еще несколько слов о движении Солнца. Как и все звезды, Солнце не неподвижно. Оно движется в неизмеримом пространстве с громадною скоростью около 20 верст в секунду; искривление его пути нет возможности определить. Точка неба, к которой направляется Солнце со всеми окружающими его планетами, находится в созвездии Лиры (см. беседу VI). Об этом движении Солнца узнали и вычислили его направление и скорость по тем движениям, которые обнаруживают звезды. Вообще звезды движутся по всевозможным направлениям и с громадными скоростями. Но во всех этих движениях можно заметить как бы некоторое общее стремление двигаться в одну и ту же сторону, о чем будет сказано в беседе VI. Это общее стремление приходится считать кажущимся, и происходит оно просто от обратного по направлению движения нашего Солнца.

Теперь примем во внимание огромную скорость движения Солнца (20 верст в секунду), превосходящую все скорости, какие мы наблюдаем на земных предметах, и еще тот факт, что за 2.000 лет точных астрономических наблюдений созвездия, по направлению к которым дви-

жется Солнце, нисколько не изменили своего вида. Тогда мы ясно почувствуем всю громадность вселенной, всю практическую неизмеримость пространства, внутри которого несется наша солнечная система. С каждою секундою мы приближаемся почти на 20 верст к созвездию Лиры, каждый прожитый день приближает нас к этому созвездию на $1^1/_2$ слишком миллиона верст, — и все-таки, если бы знаменитый греческий астроном Гиппарх, живший 2.000 лет назад и положивший основание точной науки астрономии, ожил теперь и сравнил небо с небом тогдашней Греции, он не заметил бы в созвездии Лиры никаких перемен. Если движение Солнца будет и дальше продолжаться так же, как теперь, то наша солнечная система достигнет самой яркой звезды созвездия Лиры (Веги) не ранее, как через миллион лет. Но и Вега не останется на месте. Скорость ее собственного движения не меньше, чем скорость Солнца, и она движется не навстречу Солнцу.

Теперь только мы можем ответить на вопрос, что такое представляет собою Солнце по взглядам современной астрономии.

Солнце это — желтая звезда средней величины, окруженная планетами и несущаяся в пространстве со скоростью около 20 верст в секунду к созвездию Лиры. Самые близкие к Солнцу звезды так далеки, что свет достигает от них до Солнца не менее, чем в 4 года [1]).

---

[1]) Об этом см. в книжке Ройтман, „Форма и движение земли“. Госизд., 1922.

По физическому строению своему Солнце есть громадное шарообразное скопление газов и паров различных веществ, находящихся и в земном шаре. Этот громадный газообразный шар имеет около $1^1/_2$ миллиона верст в диаметре; его средняя плотность немного больше плотности воды; оно вращается вокруг своей оси в течение 25 суток. Шар этот произошел, вероятно, путем медленного сгущения из первичной туманности, имевшей гораздо большие, чем он, размеры. Это сгущение произвело огромный запас тепла и весьма высокую температуру, которая и держит все вещества на Солнце в состоянии газа или пара. Такое парообразное состояние всей массы и огромная внутренняя температура позволяют существовать внутри Солнца нисходящим и восходящим токам газов и паров, а это заставляет всю массу Солнца участвовать в лучеиспускании и не допускает быстрого охлаждения солнечной поверхности. Только на поверхности Солнца вследствие охлаждения, газы и пары сгущаются в ослепительно сияющие зерна фотосферы, сквозь которую пробиваются взрывы газов и паров в виде выступов и факелов. Над фотосферой находится слой более легких газов, составляющих хромосферу. Еще выше хромосферы наблюдается корона, состоящая, вероятно, из легкого пылеобразного (твердого) вещества, которое поддерживается над солнечной поверхностью, быть может, отталкивательной силой солнечных лучей. В состав короны входит также какой-то неизвестный газ.

---

# III.

# О ПЛАНЕТАХ

Еще в древности люди, внимательно наблюдавшие небо, заметили, что среди звезд можно видеть особого рода светила, которые отличаются от звезд тем, что заметно передвигаются между ними, т.-е. довольно быстро меняют свое положение среди звезд, подобно Луне (см. беседу I, стр. 25). Подобно Луне все эти светила совершают свой видимый путь по небосводу через созвездия Зодиака, т.-е. вблизи эклиптики, но только движение их кажется гораздо более сложным и даже запутанным. Таких светил древним астрономам было известно пять, и назывались они, как и ныне, планетами, т.-е. по-гречески блуждающими светилами. Названия этих планет таковы: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. В новое время (в VIII, XIX и XX веках) к ним прибавились две большие планеты Уран и Нептун и 900 малых.

Отличить планету от звезды по внешнему виду для неопытного наблюдателя довольно трудно. Для невооруженного и неопытного глаза планета почти ничем не отличается от крупной звезды, кроме только значительной яркости (например, у Венеры и Юпитера) и спокойного немигающего блеска. Венеру и до сих пор на-

зывают то утренней, то вечерней звездой, смотря по тому, когда она появляется, утром или вечером. Заметить же передвижение светила среди звезд может только тот, кто довольно хорошо знаком с звездным небом и вообще привык замечать перемены в относительном положении светил. Для планет это сделать не так легко, как для Луны, потому что отличить планету по виду от звезды довольно трудно, передвижение же планет среди звезд довольно медленно, да и наблюдать планеты не во всякое время удобно. Наоборот, даже в небольшой телескоп сразу можно отличить большую планету от звезд. Прежде всего, каждая планета в телескоп кажется кружком с более или менее значительным диаметром, а в более сильный телескоп на этом кружке, или диске, планеты иногда можно заметить даже пятна (рис. 57, изображение планеты Марс). Напротив того, всякая звезда и в самый сильный телескоп должна представляться светящейся точкой. Если же это не так и звезда кажется кружком, то несомненно, что телескоп плох. Происходит такая разница во внешнем виде планет и звезд, очевидно, потому, что планеты гораздо ближе к нам, чем звезды, которые так далеки, что даже приближение в несколько тысяч раз не изменяет их кажущейся величины.

Другое отличие планет от звезд состоит в том, что они, как и Луна, имеют фазы, т.-е. видны бывают в различной форме: то в виде полного кружка, то в виде полукруга, то в виде горбушки, то в виде тонкого серпа,

а иногда скрываются совсем, т.-е. обращены к наблюдателю темной своей стороной. На рисунке 58 изображены различные фазы Венеры и их объяснение движе-

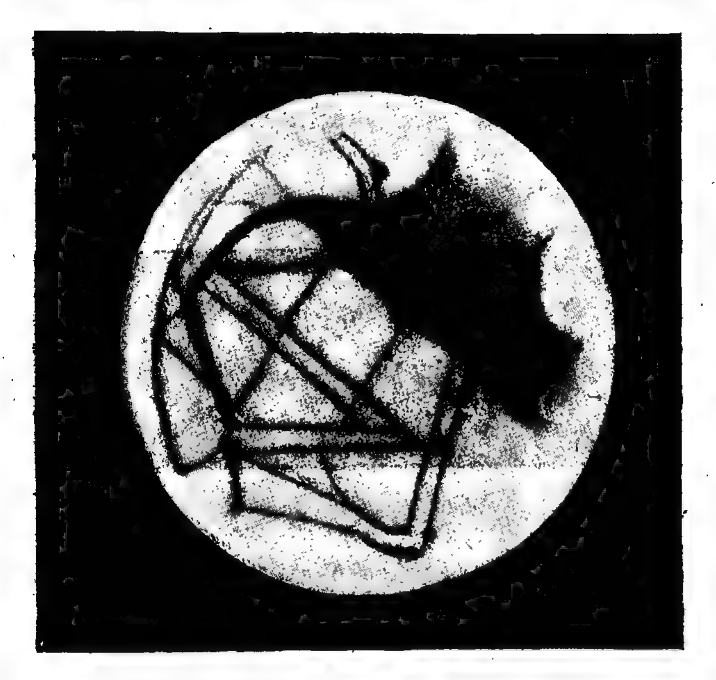


Рис. 57. Марс.

нием Венеры вокруг Солнца. Наблюдателя при этом надо вообразить перед чертежом так, чтобы Венера была между наблюдателем и Солнцем, когда обращена к наблюдателю темною стороной. Фазы планет доказывают два

весьма важных обстоятельства: 1) планеты имеют, подобно Земле, Луне и Солнцу, шарообразную форму; 2) планеты не имеют собственного света и видны только потому, что освещаются Солнцем, потому, что **отражают** солнечный свет к Земле, подобно тому как его отражают все предметы на Земле: облака, почва, здания и пр. (наоборот, звезды, как и Солнце, испускают собственный свет). Становясь в различные положения относительно Солнца и земного наблюдателя, планеты кажутся раз-

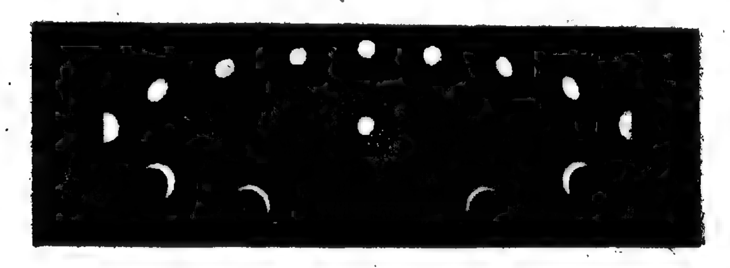


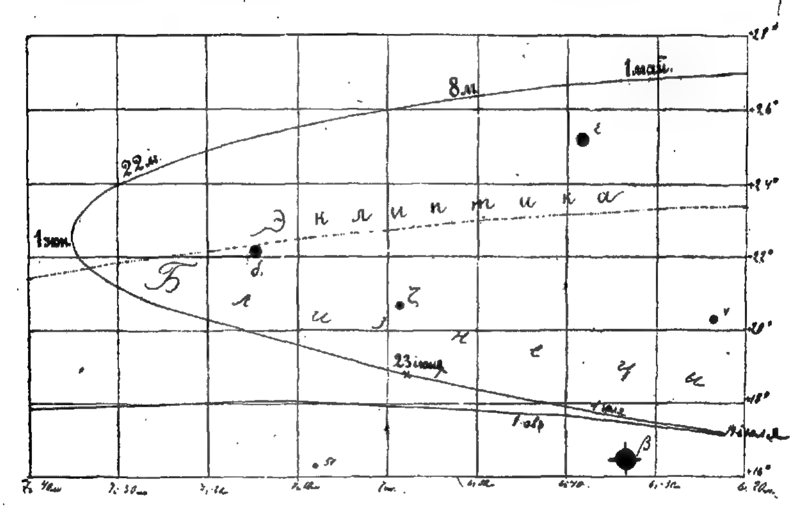
Рис. 58. Фазы Венеры.

лично освещенными, видны бывают в различных фазах (см. беседу I о Луне, стр. 25).

Видимое движение планет среди звезд, как уже сказано, отличается большою сложностью. В наших странах планеты так же, как Луна и Солнце, видны бывают в южной стороне неба. Следя за планетой изо дня в день и отмечая ее положения среди звезд, мы увидим, что она движется то **с запада на восток** (если смотреть **на юг**, то **справа**

налево), то с востока на запад (слева направо). Первое движение принято называть прямым, второе — обратным. Каждая планета более долго движется в прямом направлении, при чем скорость ее движения сначала увеличивается, а потом делается постепенно меньше и меньше. Затем планета как будто бы останавливается, день—два ее положение среди звезд почти не меняется, а после того она поворачивает в обратную сторону и движется вначале очень медленно. После того скорость движения некоторое время увеличивается, достигает наибольшей величины, а затем снова уменьшается, пока планета не остановится вторично. После второй остановки движение опять делается прямым. На рис. 59 изображен видимый путь Венеры в 1908 году. Из рисунка видно, что с конца апреля по 1 июня планета двигалась прямо и шла выше эклиптики по созвездию Близнецов. Первого июня произошла остановка, и движение стало обратным; 23 июня Венера достигла наибольшей скорости обратного движения, при чем планета двигалась уже ниже, южнее эклиптики. Далее движение замедлялось, и 14 июля произошла новая остановка, после которой движение стало вновь прямое. Скорость прямого движения после этого возростала и 15 апреля 1909 года достигла наибольшей величины. До 23 июня Венера была вечерней звездой (на западе), после 23 июня — утренней звездой (на востоке) до 15 апреля 1909 г.

Не нужно думать, что во время „остановок“ движение действительно прекращается. Если наблюдать планету в телескоп, то оказывается, что в течение всего времени движения диаметр ее видимого диска изме-




Рис, 59. Видимый путь Венеры в 1908 году (с 28 апреля по 19 августа).

няется, то увеличиваясь, то уменьшаясь. Изменяется он и во время остановок; с 1 июня он, понемногу вначале, увеличивается и достигает наибольшей величины 23 июня; затем уменьшается все время до 15 апреля 1909 года, когда достигает наименьшей величины,

а после того снова увеличивается. Значит, остановок на самом деле нет. Дело в том только, что во время остановок планета движется или прямо на нас, или прямо от нас, и потому мы не замечаем ее движения, если не наблюдаем в телескоп за изменениями ее видимого диаметра. Происходит то же самое, что с фонарем в темном поле. Если фонарь далек и движется прямо на нас или прямо от нас, то мы его движения не замечаем до тех пор, пока не заметим, что он увеличивается (приближается) или уменьшается (удаляется).

Достаточно взглянуть на рис. 59 и сообразить всё сказанное о движении Венеры, чтобы понять, что это движение весьма сложно. Но как бы оно сложно ни казалось, все-таки ясно, что оно закономерно, т.-е. совершается в известном строго определенном порядке, который никогда не нарушается. Если после прямого движения наступает остановка, то после нее, приблизительно через 20 суток, наступит момент наибольшей скорости в обратном движении и наибольшего видимого диаметра планеты; затем еще через 20 суток наступает новая остановка, после которой проходит 270 суток до того момента, когда диаметр станет наименьшим, а скорость прямого движения наибольшею; далее, еще через 270 суток, планета снова останавливается, и движение опять делается обратным. Одни и те же явления повторяются через равные, приблизительно, промежутки времени. Например, для Венеры момент наибольшего (или наименьшего) видимого диаметра повторяется,

в среднем, через 584 суток, с небольшими уклонениями. Этот период времени называется синодическим оборотом планеты. Для Меркурия синодический оборот равен приблизительно 116 суткам, для Марса — 779, для Юпитера — 399, для Сатурна — 378, для Урана — 370, для Нептуна — 367.

Все эти явления были хорошо знакомы еще древним народам, и еще у древних греческих астрономов созрело убеждение в том, что сложность движений планет только кажущаяся, что на самом деле движения эти так же просты, как движение Луны и видимое движение Солнца. Однако, и грекам не удалось разгадать истинных законов движения планет; понадобилось 14 веков для решения этой загадки; и ее решение имело в свое время величайшее значение.

Неудача греков произошла потому, что они считали Землю неподвижной, а все планеты движущимися вокруг Земли; кроме того, они непременно предполагали, что каждая планета должна двигаться равномерно и по кругу.

Самое трудное было объяснить, почему планеты движутся то прямо, то обратно и останавливаются. Основатель научной астрономии грек Гиппарх (150 л. до нашей эры), величайший из древних астрономов, первый объяснил эти явления тем, что движения планет не простые, но сложены из двух круговых равномерных движений. Вот в чем состояло это объяснение.

Вообразите, что точка *З* на рис. 60 изображает неподвижную Землю. Планета движется равномерно

по кругу *Э*, а центр круга *Э* в свою очередь движется равномерно, но уже с другою скоростью, чем планета, по кругу *Д* вокруг земли. Что тогда произойдет? Ясно, что планета будет двигаться по **петлеобразной кривой** $аП6П_1Г$, и движение ее будет **казаться** то прямым, то обратным, хотя на самом

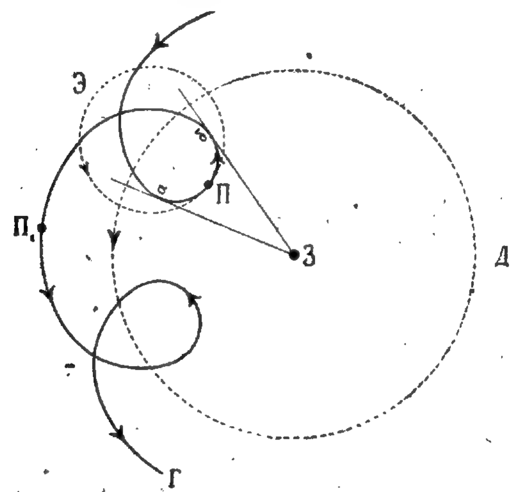



Рис. 60. Объяснение движения планет Гиппархом.

деле оно всегда прямое. Действительно, до точки *а* движение прямое, между точками *а* и *б* оно обратное, от *б* опять прямое. В точках *а* и *б*, где линии *За* и *Зб* касаются петлеобразной кривой, произойдут кажущиеся остановки, так как именно в этих местах планета движется или прямо на нас, или прямо от нас.

Если бы дело происходило так, как начерчено, то наблюдатель *З* не увидел бы петель на небе, так как они для него сливались бы в одну линию, по которой планета только колебалась бы то в одну, то в другую сторону. Но если меньший круг немного наклонен к большему, тогда наблюдатель увидит петли и на небе (окружающем и Землю, и планеты), только в сплюснутом как бы виде.

Таково было объяснение Гиппарха. По его мысли впоследствии другой греческий астроном Птолемей (II век по Р. Х.) написал о движениях планет целую книгу („Альмагест"), по которой 14 веков изучали астрономию. Дело дошло даже до того, что стало опасно говорить что-нибудь против этой книги, точно так же, как против библии. То, что в ней было написано, стали считать непреложною истиной, а противоречие ей, в особенности же то мнение, что Земля движется, как и другие планеты, вокруг солнца, стали считать грехом против „св. писания". За такой „грех" великий мыслитель Джордано Бруно был сожжен на костре, а великий исследователь природы Галилей принужден был „пред крестом" и евангелием отказаться от своего учения и долгое время просидеть в тюрьме.

Дело в том, что были люди, для которых стало выгодно поддерживать учение Птолемея и преследовать всех, кто был против него. Греки так еще не поступали. Среди них были такие мыслители (например,

Аристарх Самосский, Пифагор, Филолай), которые учили о движении Земли, но их никто и не думал за это преследовать. Однако, и тогда уже бывали случаи, когда людей, державшихся не таких, как принято, взглядов на жизнь и на справедливость, другие люди, которым это было невыгодно, обвиняли в „безбожии“: Так, например, поступили с величайшим греческим мудрецом Сократом его противники, ученые тогдашнего времени, — софисты. Сократ обличал софистов во лжи, в лживых учениях, изобретенных ими не ради истины, а для того, чтобы казаться несведущим людям более учеными, более глубокомысленными и мудрыми и тем упрочить свое высокое положение в обществе. Сократа обвинили в безбожии, в оскорблении богов, а афинский народ (Афины — город, где жил и учил Сократ) потребовали его казни. Сократа заставили выпить чашу с ядом (около 400 г. до нашей эры), но преданные ученики его Ксенофонт и Платон поведали миру его прекрасное, великое учение и рассказали о его простой, бедной, но полной величия жизни, о его бескорыстии и глубокой преданности делу правды и справедливости.

В новое время дело с свободною мыслью стало гораздо хуже. На развалинах греческого и римского государства воцарилась власть римской церкви, власть папы, который объявил себя непогрешимым, а всё, чему учила церковь, вплоть до движения Солнца или Земли, — непреложным. В XII веке нашей эры со-

здались христианские университеты, где стали учить греческой науке и древним языкам, латинскому и греческому, на которых было написано то, что знали древние народы и чего еще не знали народы новые. Своего еще ничего у новых народов создано не было. И вот, поняв иной раз вкривь и вкось переданное от греков и римлян, ученые не оценивали как следует того, что было в древних книгах верного, и принимали за истину то, что там было неправильно и даже нелепо. И стали ученые того времени думать, что выше греческой мудрости ничего быть не может; они приняли ее просто на веру, без поверки собственным разумом. А потом, когда создалась целая армия, целое сословие ученых, профессоров и академиков, живших наукой, питавшихся от нее, стало уже опасно говорить что-нибудь против их вековой заскорузлой мудрости. Всякого такого человека ученое сословие дружно преследовало, и самое простое и верное для того средство было объявить, что такой человек — еретик, т.-е. учит тому, чего нет в „св. писании". Так ученые и поступили с Бруно и Галилеем, натравив на них церковь. Так в 1555 году был сожжен в гор. Женеве, за ересь, по ненависти и зависти к нему Кальвина знаменитый ученый Михаил Сервет, знавший о существовании кровообращения (раньше Гарвея); так был убит ночью 24 августа 1572 года (в „Варфоломеевскую ночь") знаменитый профессор Петр Рамус руками убийц, подосланных его

ученым противником Шарпантье; убийство совершено было из зависти, под предлогом того, что Рамус был еретик. Преследования великих мыслителей и исследователей со стороны ремесленных ученых, т.-е. профессоров и академиков, не прекратились и в наше время; они только изменили свою форму. В XIX веке величайший мыслитель этого века Огюст Конт был лишен места преподавателя во французской политехнической школе по проискам профессоров и академиков (главным образом Араго́); другой великий мыслитель — немец Шопенгауэр должен был оставить преподавание в Берлинском университете за свою критику господствовавшей тогда там гегелевской философии; около того же времени талантливый ученый Бенеке (в том же университете) не вынес несправедливых интриг своих собратьев по университету и утопился. Но хуже всех и постыднее всего для представителей университетской науки была судьба, уготовленная ими величайшему исследователю в области физики XIX века Роберту Майеру, открывшему и численно проверившему закон сохранения силы (см. стр. 120—22). Майер, простой врач в Гейльбронне (в Германии), в 1842 году едва добился напечатания своей статьи, содержавшей великое открытие, в одном ученом журнале и не был признан на своей родине; ученые журналы и газеты даже предостерегали публику от „мнимого открытия доктора медицины Майера". Но когда через три года то же самое открытие уже в более грубой форме сделано было в Англии

(Джоулем) и когда Майер стал говорить о своем первенстве и о своих правах на признание, то стали распространять слухи о том, что Майер помешанный и страдает „манией величия“. Воспользовались тем, что однажды Майер в припадке тоски покушался на самоубийство; с помощью жены и родных Майера, ничего не понимавших в его открытии, Майера засадили в сумасшедший дом, где и продержали 16 месяцев, подвергая обычным в то время с сумасшедшими пыткам и заставляя признать нелепость своих претензий на какое-то великое открытие. Майер спасен был от полного забвения другим немецким мыслителем Евгением Дюрингом, который вступился за него и заставил признать его заслуги ценою собственного места в Берлинском университете, где он преподавал до того 14 лет. Дюринг в 1877 году был уволен по жалобе задетого им известного физика и физиолога Гельмгольца, который через 5 лет уже после появления статьи Майера написал свою статью на ту же тему, но ни словом не упомянул о Майере, а впоследствии также заявлял претензию на открытие великого закона. В борьбе с Дюрингом Гельмгольц не нашел иного средства, как постыдно пожаловаться на него министру [1]).

---

[1]) Об этой постыдной для г.г. ученых истории писал наш знаменитый критик Н. К. Михайловский в статье „Скандал в Берлинском университете“ („Отеч. Зап.“, 1877 г., ноябрь), а также П. Т—нин в журнале „Слово“ (февр. 1878 г.).

Несмотря на все старания поддержать его, учение Птолемея не смогло выдержать поверки разумом. Наблюдения над планетами все накоплялись; появлялись противоречия с учением и, наконец, их накопилось столько, что поддерживать учение, дольше стало невозможно. Главное затруднение для учения Птолемея состояло в том, что движение планет на самом деле неравномерно, и синодические обороты планет невполне равны между собою. Чтобы обойти это затруднение и все-таки не отказаться от мысли о равномерном круговом движении, греческие астрономы помещали Землю не в центре круга *Д* (см. рис. 60), но несколько в стороне от него. Однако, это не помогло. Чтобы обойти затруднение, стали над прежними кругами надстраивать новы круги, так что к XVI столетию этих кругов для пяти планет, Луны и Солнца было уже больше 75. Ясно стало, что учение Птолемея неверно.

Однако понадобился гений великого человека, чтобы устранить старое учение и заменить его новым, более верным. Этот человек был Н и к о л а й  К о п е р н и к (1473 — 1543 г.г.). Еще в молодости Коперник пристрастился к астрономии, которую изучал в итальянских университетах (родом он сам был из гор. Торна); и он был поражен беспорядком, запутанностью и сложностью учения Птолемея. Коперник стал пристально изучать вопрос и сначала обратился к древним греческим писателям и ученым, стал отыскивать у них указаний на лучшее учение о движении небесных с в е т и л, чем учение Птоле-

мея. И он нашел, что Аристарх, Пифагор, Филолай и другие учили о движении Земли. Эту мысль Коперник и решил развить, разработать и проверить, хорошо



Рис. 61. Коперник.

ли она объясняет все видимые движения небесных светил. Нужны были длинные вычисления, требовавшие много труда и времени; эти труды заняли у Коперника 23 года,

но и потом до самой своей смерти Коперник продолжал проверять свои вычисления и совершенствовать свою систему. Только на смертном одре уже получил Коперник первые отпечатанные листы своей книги, которая называлась так: „Об обращениях небесных шаров Николая Коперника шесть книг“. Такое странное название было дано книге одним из последователей Коперника, который боялся, что книга подвергнется преследованию, и думал, что таким темным заглавием можно прикрыть ее опасное по тогдашнему времени содержание. Книга говорила вовсе не об обращении каких-то шаров, а объясняла движения планет движением Земли; о движении же Земли и было тогда опасно говорить. Сам Коперник не торопился с изданием книги и даже не желал этого, думая, что ее мало кто поймет. Только настоятельные просьбы друзей, знавших о его великом учении, побудили его позволить, чтобы один из учеников его издал небольшой очерк нового учения, а под конец жизни напечатать и всю книгу.

Учение Коперника имело громадное значение: с него началось развитие новой астрономии, а затем и всего нового естествознания. Самая важная сторона этого учения состояла в том, что оно устраняло полуторатысячелетний предрассудок ученых о неподвижности Земли, что оно вывело Землю из неподвижного положения в центре вселенной и устранило этим запутанное учение Птолемея о слож-

ных круговых движениях. Движения планет объяснялись теперь гораздо проще. Посмотрим, в чем состояло учение Коперника.

Суточное вращение всех небесных светил и годовое движение Солнца—кажущиеся явления и происходят вследствие движения Земли, которого мы не замечаем, так как сами движемся вместе с Землею [1]). Подобное же объяснение Коперник приложил и к более сложному вопросу о движении планет. Главная суть объяснения и здесь состоит в том, что мы только тогда замечаем свое собственное движение, когда кругом нас имеются предметы, которые остаются по отношению к нам неподвижными, не участвуют в нашем движении. Если же таких предметов нет или если мы почему-либо не замечаем неподвижности их, то мы или вовсе не заметим своего движения, или нам покажется, что предметы движутся в направлении, обратном нашему. Например, если в каюте спокойно движущегося парохода спустить шторы и не смотреть на берега, то кажется, что пароход неподвижен. Если же глядеть из окна быстро движущегося вагона на полотно дороги, то кажется, что полотно бежит навстречу нам, а если взглянуть тут же на далекие предметы в поле, то кажется еще, что весь видимый горизонт движется в том направлении, в каком бежит полотно дороги. Вообще дело объясняется так. Пусть

---

[1]) Об этом подробнее см. книжку Ройтмана, „Форма и движение земли“. Госизд., 1922.

наблюдатель *А* (рис. 62) движется в направлении *АБ* и через некоторое время приходит в точку *Б*. Он наблюдает отдаленный неподвижный предмет *М*, о котором не может решить прямо, движется этот предмет или неподвижен, так же, как не может заметить и собственного движения. Что тогда выйдет? Когда наблюдатель придет в *Б*, он ожидает увидеть предмет *М* в том же самом направлении, в каком видел его раньше, т.-е. в направлении *БК*, параллельном прежнему направлению *АМ*. Между тем теперь направление на предмет уже изменилось и стало *БМ*. Но наблюдатель не знает, что направление на предмет изменилось вследствие его собственного движения. Ему и будет казаться, что передвинулся предмет из точки *К* в точку *М*, т.-е. в сторону, обратную той, куда передвинулся наблюдатель.

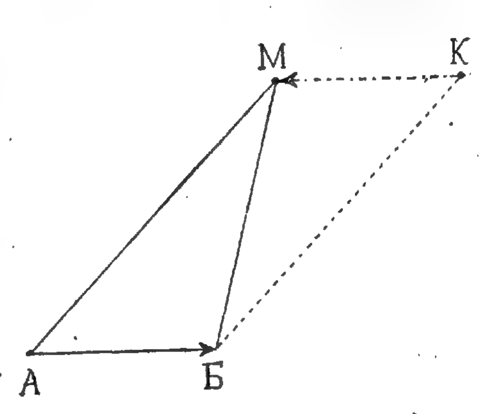


Рис. 62. Кажущееся движение.

Посмотрим теперь, как объяснить движением Земли движения планет, прямые и обратные.

Возьмем Меркурия или Венеру. Эти две планеты называются нижними, так как они ближе к Солнцу, чем Земля, и потому пути их движения, или орбиты, находятся внутри земной орбиты. Что это так, видно из того, что Венера и Меркурий не бывают никогда в стороне неба, противоположной той, где находится Солнце, но проходят между Землей и Солнцем и тогда не бывают видимы, так как обращены к Земле темной, неосвещенной своей стороной. Предположим для простоты, что и Земля, и Венера движутся по кругам, Солнце — в центре кругов, а плоскости кругов совпадают. Например, пусть и Земля, и Венера движутся в одной и той же плоскости нашего чертежа (рис. 63).

Для начала возьмем момент, когда Венера проходит между Землей и Солнцем и находится на одной прямой линии с ними; на чертеже 63 это будет положение *С—В—З*. Это положение назовем нижним соединением Венеры с Солнцем, так как в это время планета видна в одном направлении с Солнцем, скрывается в его лучах, и наблюдать ее нельзя. И Земля, и Венера движутся в одном и том же направлении, указанном стрелкой вверху и внизу чертежа. Солнце, будет казаться движущимся среди звезд в том же направлении, как и Земля [1]). Это и понятно, если вспомнить рисунок 62: земной наблюдатель *З* движется в направлении от *З* к $З_1$, но не замечает своего движения. Поэтому Солнце,

[1]) См. книжку Ройтмана, „Форма и движение земли“. Госизд. 1922.

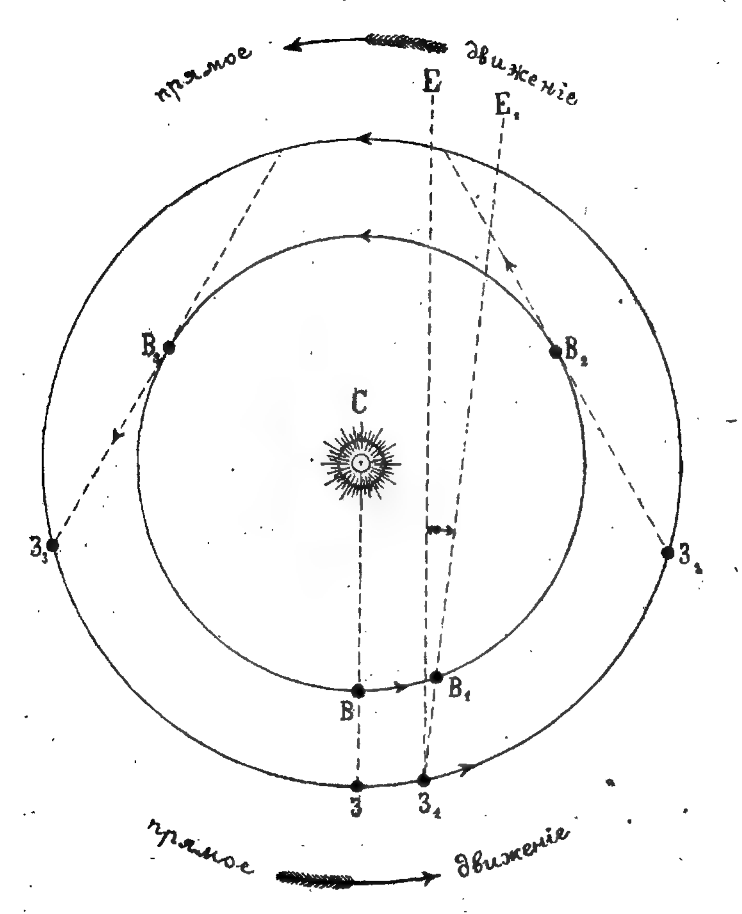



Рис. 63. Объяснение движения нижней планеты.

как неподвижный предмет должно казаться движущимся обратно, т.-е. по направлению верхней стрелки. Но в верху чертежа направление движения самой Земли будет итти именно по верхней стрелке; значит, кажущееся вращение Солнца произойдет в том же направлении, как и вращение Земли. Это направление и называется прямым. Перейдем теперь к движению Венеры.

Наблюдение показывает, что во время нижнего соединения ее движение среди звезд обратное (см. рисунок 59, положение 23 июня). Это показывает, что Венера движется быстрее Земли, т.-е. совершает полный оборот вокруг Солнца в меньшее время, чем Земля. Через некоторое время, после нижнего соединения, Венера придет в точку $B_1$, Земля в точку $З_1$, и направление на Венеру $З_1B_1$ будет не параллельно прежнему $ЗB$, а отклонится от него вправо на угол $EЗ_1E_1$ (здесь $З_1E$ параллельно $ЗB$). Это отклонение выходит обратное кажущемуся движению Солнца (верхняя стрелка), т.-е. обратное прямому движению. Теперь возьмем новое положение Земли и Венеры: $B_2З_2$, когда направление на Венеру есть касательная линия к орбите Венеры. Тогда Венера движется прямо от наблюдателя, и если бы наблюдатель не двигался, то она казалась бы неподвижной. Но наблюдатель движется в прежнем направлении; значит, ему будет казаться, что Венера передвинулась среди звезд в обратном направлении, а именно в том же, в каком кажется движущимся Солнце; это будет движение прямое. Следовательно, пере-

ходя из положения $B$ в положение $B_2$, Венера изменила направление своего движения среди звезд из обратного в прямое. Отсюда ясно, что где-нибудь между этими двумя положениями должна была произойти кажущаяся остановка планеты. Раньше нижнего соединения ($C$—$B$—$З$) также было положение, когда направление с земли на Венеру $З_3B_3$ было касательное к орбите Венеры, и движение Венеры казалось прямым. Так как после того (в точке $B$) движение стало обратным, то, значит, между положениями $B_3$ и $B$ была еще другая остановка планеты. Таким образом объясняются вполне прямые и обратные движения и остановки нижних планет. Точно так же объясняются движения остальных планет, называемых верхними, которых орбиты находятся вне орбиты земли. Предлагаем читателю самому убедиться в том, что движение Земли вполне объясняет прямые и обратные движения и остановки верхних планет. Нужно только иметь в виду, что верхние планеты движутся медленнее Земли и начать объяснение с того момента, когда верхняя планета находится в противостоянии с Солнцем, т.-е. когда она находится на одной линии с Землей и Солнцем, но в стороне, противоположной Солнцу. Тогда окажется, как и следует из наблюдений, что во время противостояния движение планеты обратное.

Теперь становится понятным, почему движение планет у Птолемея складывалось из двух круговых движений. На самом деле каждая планета движется по

кругу *Д* вокруг Солнца (см. рис. 60), а круг *Э*, движущийся по кругу *Д*, есть не что иное, как орбита самой Земли. Мы движения Земли не замечаем и переносим его на планету, приписываем ей еще второй круг движения. Вот почему и выходит вдвойне круговое движение, вот отчего и кажется, что планеты движутся по петлеобразным кривым.

Когда стало ясным, что планеты, как и Земля, движутся вокруг Солнца, то стало возможным определить и относительные расстояния их от Солнца, т.-е. определить, во сколько раз одна планета дальше другой. Оказалось, что планеты располагаются так: ближе всех к Солнцу Меркурий, затем идут: Венера, Земля, Марс; малые планеты: Юпитер, Сатурн; впоследствии в том же порядке расстояния прибавились Уран и Нептун. Относительные расстояния планет Коперник вычислил по тому же способу, какой указан в беседе III для определения расстояния до недоступного предмета. Пусть, например, на рис. 64 места Солнца, Венеры и Земли в известный момент будут $C$, $B_1$ и $З_1$, а положение $C—B—З$ изображает нижнее соединение Венеры с Солнцем. Из наблюдений можно определить обозначенный цифрою 1 угол при центре земли $З_1$; этот угол изобразит разницу между направлениями на Солнце и на Венеру; затем будет известен угол, означенный цифрою 2; этот угол указывает, на сколько градусов (минут и секунд) Венера опередила Землю со времени нижнего соединения $C—B—З$. Этот

угол мы всегда будем знать, если знаем время полного оборота Земли ($365^1/_4$ сут.) и Венеры. Например, мы знаем, что время полного оборота Земли есть $365^1/_4$ суток, а время полного оборота Венеры, как увидим дальше, около 225 суток. Пусть со времени нижнего соединения прошло 65 суток. Полный круг содержит 360 градусов. Значит, Венера за сутки пройдет угол в 360, деленные на 225, или в $^8/_5$ градуса, а в 65 суток — 104 градуса. Земля же за сутки проходит 360, деленные на 365, или $^{72}/_{73}$ градуса, а за 65 суток около 64 градусов. Стало быть, Венера опередит Землю на угол приблизительно в 40 градусов; это и будет угол 2. Когда угол 1 и 2 определены, стоит только в любом масштабе начертить треугольник $CЗ_1B_1$ и узнать по чертежу или вычислить, во сколько раз расстояние $CB_1$ меньше расстояния $CЗ_1$. Таким образом выходит, что если принять расстояние Земли от Солнца за 10, то расстояния других планет будут приблизительно таковы:

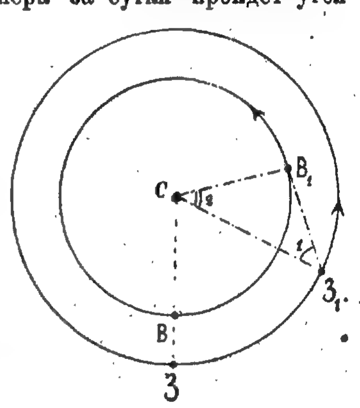


Рис. 64. Определение относительного расстояния планеты.

| | |
|---|---|
| для Меркурия . . . . . . . . . | 4 |
| „ Венеры . . . . . . . . . . . | 7 |

| | |
|---|---|
| для Земли . . . . . . . . . . . | 10 |
| „ Марса . . . . . . . . . . | 15 |
| „ малых планет . . . . . . | 19—43 |
| „ Юпитера . . . . . . . . . . | 52 |
| „ Сатурна . . . . . . . . . . | 95 |
| „ Урана . . . . . . . . . . . | 192 |
| „ Нептуна . . . . . . . . . | 300 |

Времена полных оборотов планет, которые нужны были здесь Копернику, он вычислил из очень простых соображений. Он знал из длинного ряда наблюдений, накопившихся со времен греков, синодические обороты планет (см. стр. 144). Это — промежутки времени, через которые для нижних планет, например, повторяется нижнее соединение, а для верхних — противостояние (см. стр. 156 и 159). Средние величины этих оборотов приведены на стр. 164. Время синодического оборота планеты, конечно, не равно времени ее полного оборота, потому что время полного оборота Земли не равно точно времени полного оборота ни одной из планет или целому числу этих времен. Поэтому, когда после нижнего соединения или противостояния планеты Земля сделает один полный оборот, верхняя планета сделает меньше, а нижняя планета сделает больше одного оборота, даже двух или трех оборотов, но не точно один, два или три оборота. Значит, тогда Земля и планета не будут уже находиться на одной прямой линии с Солнцем, и пройдет еще некоторое время, пока они

опять станут на одну линию с Солнцем. Происходит то-же, что с совпадением часовой и минутной стрелки часов. Чтобы понять, как нужно вычислять времена полоных оборотов планет, приведем пример вычисления для Венеры. Время ее синодического оборота равно 584 суткам. За это время Земля сделает полный оборот с лишком, т.-е. пройдет 360 градусов да еще столько градусов, сколько придется на 584 — 365, или на 219 суток (выйдет больше 216 градусов). Венера же за это время сделает, очевидно, ровно одним оборотом больше. Значит, она пройдет дважды 360 градусов да еще 216 градусов и тогда только снова станет на одну линию с Землей и Солнцем. Чтобы Земле пройти столько же градусов, сколько сделала Венера за 584 суток, потребовалось бы, очевидно, кроме 584, еще 365 суток (еще один полный оборот), т.-е. всего 949 суток с небольшим. Выходит поэтому, что Венера пробегает в 584 суток столько же градусов, сколько Земля в 949 суток; следовательно, время ее полного оборота составляет $\frac{584}{949}$ доли времени полного оборота Земли. Поэтому, чтобы найти время полного оборота Венеры, нужно $365^1/_4$ суток умножить на 584 и произведение разделить на 949. Получится около 225 суток. Возьмем теперь верхнюю планету, например, Марс. Его синодический оборот содержит 779 суток, т.-е. больше двух лет. Земля сделает за это время два полных оборота слишком, а Марс ровно одним оборотом меньше.

То число градусов, на которое Земле придется догнать Марс после первого полного оборота, она пройдет в 779 — 365, т.-е. в 414 суток, а Марс то же число градусов проходит в 779 суток; значит, время полного оборота Марса составляет $\frac{779}{414}$ времени полного оборота Земли, или около 687 суток.

Таким путем получаются следующие времена для полных оборотов планет:

| | | | |
|---|---|---|---|
| для | Меркурия . . . | 88 | суток. |
| „ | Венеры . . . . | 225 | „ |
| „ | Марса . . . . . | 687 | „ |
| „ | Земли . . . . . | $365^1/_4$ | „ |
| „ | Юпитера . . . . | 12 | лет (без 50 сут.). |
| „ | Сатурна . . . . | $29^1/_2$ | „ |
| „ | Урана . . . . . | 84 | года |
| „ | Нептуна . . . . | 165 | лет. |

Видно, что, чем дальше планета от солнца, тем больше время ее полного оборота и тем меньше скорость ее движения. Что скорость движения уменьшается, ясно из того, что диаметры орбит планет, а потому и длины орбит возрастают в меньшей степени, чем времена оборотов. Например, диаметр орбиты Юпитера только в 5 с лишком раз больше диаметра земной орбиты, а время обращения больше почти в 12 раз.

Чтобы запомнить относительные расстояния планет от Солнца, германский астроном Тициус придумал особое правило. Нужно взять ряд чисел

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192

и прибавить к каждому по 4; выйдут числа

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196,

которые, весьма приблизительно, представят относительные расстояния планет до Урана включительно. В XVI и XVII веках этому правилу придавали большое значение, и так как на расстоянии 28 не было известно никакой планеты, то думали, что она непременно должна быть здесь найдена. В 1801 году планета была действительно открыта случайно итальянским астрономом Пиацци и имела приблизительно такое расстояние. Однако, впоследствии в том же пространстве между Марсом и Юпитером постепенно было открыто множество планет, и теперь число их доходит до 1.000. Это—так называемые малые планеты. Расстояния их не оправдывают правила Тициуса и колеблются между 19 и 43. Правило Тициуса совершенно уже неприменимо к Нептуну: его расстояние по правилу выходит 388, а на самом деле оно равно 300; поэтому знаменитое правило — лишь случайное совпадение чисел.

Если бы мы пожелали изобразить планетную систему на чертеже в известном масштабе, то можно было бы поступить так. Вокруг центра, обозначающего Солнце,

описать круг радиусом, например, в 1 фут. Это будет орбита Меркурия. Далее, круг радиуса в $1^3/_4$ фута изобразит орбиту Венеры, круг радиуса в $2^1/_2$ фута— орбиту Земли, в $3^3/_4$ фута — орбиту Марса, в 7 фут.— орбиту одной из малых планет, в 13 фут. — орбиту Юпитера, в 24 фута — орбиту Сатурна, в 48 фут. — орбиту Урана, в 75 фут. (почти 11 саж.) — орбиту Нептуна. Чтобы дополнить картину планетной системы, нужно было бы принять в расчет спутники планет. Таких спутников у Земли — 1 (Луна), у Марса — 2, у Юпитера — 9, у Сатурна — 10, у Урана — 4 и у Нептуна — 1. Конечно, подобный чертеж только приблизительно может изобразить действительную планетную систему. На самом деле орбиты планет, как увидим дальше, — не круги, но овалы, эллипсы; Солнце находится не в центре этих кругов, и расположены орбиты вокруг Солнца весьма различно. Кроме того, орбиты вовсе не лежат в одной плоскости, между их плоскостями имеются различные (небольшие) углы, или наклонности. В этом последнем смысле положения орбит всех планет принято относить к орбите Земли. Плоскость орбиты Земли называется эклиптикой. Наклонности орбит больших планет к эклиптике невелики: самой большой наклонностью, в 7 градусов, обладает орбита Меркурия; но наклонности некоторых малых планет достигают почти 35 градусов (у Паллады). Точно так же овальность (или сжатость) формы орбит невелика для больших планет, и их орбиты не слишком

отличаются от круговых, но бывает довольно велика у малых планет.

Коперник считал орбиты планет вполне круговыми и движение равномерным. Чтобы объяснить видимую неравномерность движения планет, он помещал Солнце в стороне от центров орбит, но этого оказалось недостаточно, и Копернику пришлось оставить свыше 30 птолемеевых вспомогательных кругов (см. рис. 60, круг *Э*). Это показывает, что учение Коперника далеко не вполне точно согласовалось с действительностью. Но оно значительно упрощало все вычисления и приводило теорию в достаточное согласие с тогдашними наблюдениями. Ученик Коперника Эразм Рейнгольд вычислил таблицы, по которым можно было предсказать наперед, в каком месте небосвода будет находиться каждая планета в любой будущий момент, или сказать, где она находилась в какой-либо прошлый момент. Такие предсказания можно было делать по Рейнгольдовым таблицам с точностью до 10 минут дуги. Чтобы ясно представить себе, что это значит, можно вообразить, например, что круг радиуса в аршин удален от нашего глаза, приблизительно, на 115 сажен. Тогда радиус круга будет виден под углом почти в 10 минут. Значит, предсказывая положение планеты на небосводе по таблицам Рейнгольда, можно было сделать ошибку в пределах пространства, занимаемого в нашем опыте таким кругом, т.-е. вместо центра круга указать точку на окружности или любую точку внутри круга (вроде того

как, например, стреляя в круг с расстояния в 115 сажен, можно попасть не в центр, а в любую точку круга).

Однако, главное значение учения Коперника заключалось не в этом, не в точности предсказаний. Главное дело было в мысли о движении Земли, которая подкреплялась этими предсказаниями. Коперник показал своим учением, что движение Земли гораздо лучше объясняет все факты видимых движений планет, чем учение Птолемея с неподвижной Землею в центре. Учение Коперника было важно тем, что разрушало тысячелетние предрассудки и совершенно изменяло понятия людей о мире, который их окружает. Большая разница, считать ли Землю в центре вселенной, внутри каких-то тесных хрустальных сфер, на которых прикреплены Солнце, Луна и планеты, или считать Землю одной из движущихся вокруг Солнца планет, а мир — вместе с Джордано Бруно — неизмеримым по величине пространством, в котором разбросаны всюду звезды — солнца громадных размеров, быть может, тоже окруженные планетами. Большая разница, представлять ли себе мир чем-то неподвижным, вечно неизменным или представлять его себе в вечном движении и изменении, где ни наше Солнце, ни одна звезда-солнце не остаются неподвижными и неизменными, но движутся с громадными скоростями; где каждая звезда развивается постепенно (от холодной, слабо светящейся туманности до яркого солнца) и затем потухает, превращаясь в темное



Рис. 65. Джордано Бруно.

тело, подобное Земле; где жизнь и разум не сосредоточены на одном земном шаре, но царят и в других мирах, окружающих звезды-солнца. Коперник еще не осмеливался вести свое учение так далеко. Но это сделал вскоре после него сожженный на костре великий мыслитель и мученик астрономии Джордано Бруно (1548—1600 г.г.), свободной мысли которого учение Коперника и дало прочную опору.

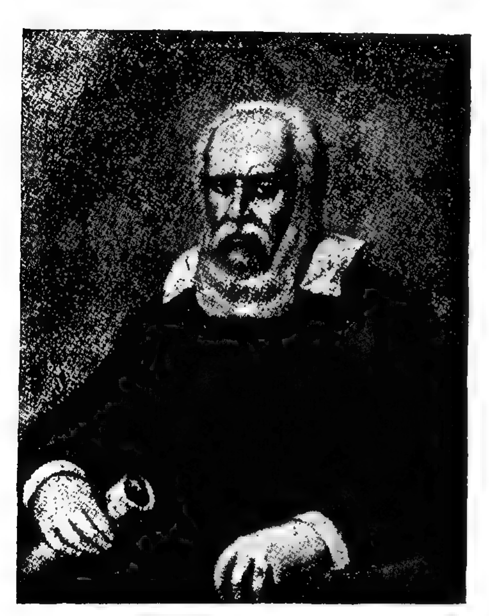


Рис. 66. Галилей.

Учение Коперника послужило далее великому исследователю природы Галилею опорой для борьбы с предрассудками и суевериями современного ему ученого сословия. Бруно и Галилей пострадали за это учение, но их дело не погибло. С них началось **освобождение мысли** новых европейских народов, началось развитие европей-

ской науки. Бруно был основателем новой философии, т.-е. учения о мире и жизни, свободного от предрассудков и суеверий, основанного на научной правде и на верном понимании действительности. Галилей был основателем всего современного естествознания, т.-е. всех наук, познающих природу и ее законы, основателем именно того, что одно только и способно дать учению о мире прочный фундамент, прочно обосновать его на действительных фактах и законах явлений. С этих пор начинается быстрое развитие европейской науки, в особенности естествознания и основанной на нем техники, которая совершенно изменила всю жизнь народов земного шара. Благодаря технике, т.-е. применению науки к жизни, жизнь стала более удобной, безопасной и дешевой, более независимой от внешних причин и слепых сил природы: человек постепенно стал все более и более овладевать этими силами и заставлять их служить своим целям. И чем больше будет основываться жизнь людей на разуме, на науке, на верном понимании себя самих и внешнего мира, а не на суевериях и вере в навязанные с детства взгляды на мир и жизнь, тем эта жизнь будет лучше, светлее, человечнее; если только, конечно, и нравственные качества людей, т.-е. их добрые отношения друг к другу, их понимание добра и зла, справедливого и несправедливого также будут итти вперед, совершенствоваться и углубляться; без этого коренного условия им не поможет ни наука, ни техника.

Разумеется, не нужно думать, что одно учение Коперника, одно основание новой науки о природе привело к этим великим переменам в жизни народов. Были и другие, не менее могучие причины. К XV веку в Европе выросло постепенно сословие богатых торговых людей — горожан; накопились большие капиталы, которые не находили себе применения в бедной еще и малонаселенной тогда Европе. Стали думать о новых странах, о новых богатствах, которые можно было бы добыть с помощью этих капиталов. Стали искать морского пути в Индию, о богатствах которой ходили самые баснословные слухи. Отыскивая такой путь, Христофор Колумб случайно открыл в 1492 году новый материк, новую часть света — Америку, с тех пор началось исследование стран всего земного шара начался ряд великих кругосветных путешествий, совершенно изменивших понятия людей о том, что такое Земля, на которой они жили уже десятки тысяч лет. Началась оживленная торговля со всеми странами и народами мира, начались переселения избытков европейского населения в эти страны; колонизация этих стран, — одним словом, начался глубокий переворот в экономической жизни Европы. К сожалению, только все это великое движение сопровождалось порабощением и угнетением, даже прямо поголовным истреблением туземных, мало развитых и диких обитателей новых стран, якобы во славу божию, во славу христианства (так как они были

язычники), а на самом деле — из-за самых зверских корыстных целей.

Около того же времени был изобретен порох, который совершенно изменил ведение военного дела, привел к созданию постоянных армий в руках властителей государств, помог уничтожить рыцарство и ослабить былое громадное значение дворянского сословия. Теперь стало быстро расти значение промышленного и торгового класса, которому суждено было к концу XVIII века завладеть властью в государствах Европы. Таковы были главные причины великих перемен жизни новых европейских народов. Учение Коперника, положившее основание развитию европейской науки, было одною из этих великих причин.

Но наука не могла остановиться на том учении о движениях планет, которое содержалось в книге Коперника. Появились новые наблюдения, новые факты, с которыми учение Коперника оказалось в противоречии. Во второй половине XVI века (1546—1601) жил один из величайших наблюдателей всех времен, датчанин Тихо Браге. Он построил на свои средства прекрасную обсерваторию. Тихо Браге изобрел новые, более точные, приборы и постепенно к концу жизни накопил со своими учениками громадное количество новых наблюдений над планетами. Для разработки этих наблюдений, т.-е. для поверки, насколько они согласуются с теорией, с учением о движении планет, насколько положение планет на небосводе, предсказанное по теории, совпадает с наблюденными им положениями, Тихо

Браге пригласил в сотрудники молодого немецкого математика и астронома, прославившегося уже тогда своими способностями, Иоганна Кеплера.



Рис. 67. Тихо Браге.

Иоганн Кеплер (1571—1630), наиболее значительный и гениальный из европейских астрономов, происходил из незнатного рода. Его отец служил вольно-



Рис. 68. Кеплер.

наемным солдатом и пропал без вести в Тридцатилетнюю войну, которая поднялась тогда между протестантскими и католическими государствами и захватила всю Европу. Мать его была малообразованная женщина; Кеплеру впоследствии пришлось даже спасать ее от нелепого обвинения в колдовстве и от костра. Кеплер был слабого здоровья и его готовили к духовному званию, но он смолоду полюбил науку и к 23-м годам уже стал профессором математики и астрономии в одном из германских университетов. Вся жизнь Кеплера является великой поучительной картиной непрерывных научных трудов, глубокой, горячей преданности делу научной правды; эта могучая любовь к науке позволила Кеплеру благодаря гениальным способностям и трудолюбию достигнуть величайших научных завоеваний, однако, только ценой целого ряда неудач и горьких разочарований, в которых Кеплер сам всегда искренне сознается в своих книгах, но которые не сломили его упорства, его горячей веры в то, что природою и ее явлениями управляют вечные, незыблемые, простые, ясные, как день, законы. При этом еще Кеплеру пришлось всю свою жизнь бороться с нуждой, даже прямо с нищетой, так как в те времена не очень-то ценились научные труды, а также с невежеством и суевериями грубого общества, которое его окружало. Кеплер умер в бедности в небольшом немецком городке, простудившись в путешествии (верхом) за своим несчастным жалованием придворного астронома, которое ему не выдавалось по целым годам.

Прибыв к Тихо Браге, Кеплер горячо и энергично принялся за разработку его наблюдений над планетами. Получив после смерти Тихо Браге все его записи, Кеплéр стал пристально изучать их и сравнивать новые наблюдения с теорией движения планет по Копернику. Вскоре он убедился, что предположение Коперника о том, что движение планет равномерное и круговое, неверно. Поверку Кеплер производил главным образом на планете Марс, о которой у Тихо Браге было собрано множество весьма тщательных наблюдений. Как ни разнообразил Кеплер свои вычисления (повторяя их иногда по 70 раз), он не мог вполне объяснить видимые неравномерности в движениях Земли и Марса, исходя из предположения, что и Земля, и Марс движутся вокруг Солнца, по кругам.

После многолетних трудов он решил, наконец, отбросить предположение о равномерном круговом движении Марса и прямо из наблюдений вывести, по какой именно линии движется планета.

Для этой цели ему нужно было следующее: 1) указать, в каком направлении с Солнца был бы виден Марс в различные моменты, и 2) узнать, на каком расстоянии от Солнца он находился в каждый из этих моментов. После этого оставалось бы только начертить эти направления и расстояния в известном масштабе на бумаге, соединить непрерывною линией концы расстояний и исследовать полученную кривую линию. Добыть эти сведения и особенно определить расстояние

между Солнцем и Марсом стоило Кеплеру значительного труда и требовало большой находчивости и математического таланта. Кеплер поступил здесь приблизительно так, как поступают естествоиспытатели, желая определить расстояние между двумя недоступными предметами.

Положим, для простоты, что Марс *М* и Земля $З_1$ (рис. 69) движутся в одной плоскости (скажем, в плоскости чертежа). Земля, по предположению Кеплера, двигалась по кругу, и Кеплер подробно изучил ее орбиту, так что во всякий момент мог определить расстояние между Землей и Солнцем, приняв радиус орбиты за единицу. Он выбирал затем из наблюдений Тихо Браге над Марсом такие, которые были отделены друг от друга промежутками времени в 687 суток. За это время Марс делает полный оборот вокруг Солнца и потому в оба момента находится в одной и той же точке *М*. Земля же делает один оборот с лишком (почти два) и оказывается в двух различных точках $З_1$ и $З_2$. При наблюдении с этих точек Тихо Браге определил углы 1 и 2, выражавшие разницу в направлениях с Земли на Солнце и на Марс.

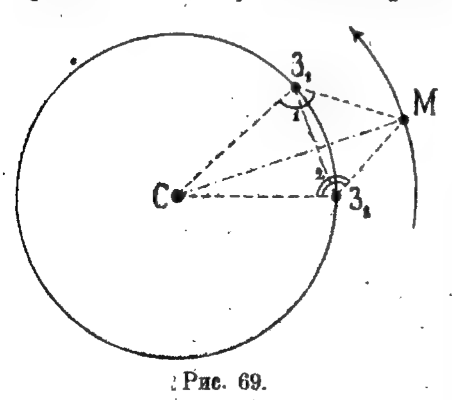


Рис. 69.

Далее, Кеплеру были известны расстояния $СЗ_1$ и $СЗ_2$, и угол $З_1СЗ_2$, а потому он мог точно начертить весь четыреугольник $МЗ_1СЗ_2$ и вычислить расстояние $СМ$. Получив целый ряд таких расстояний, Кеплер отложил их на чертеже, в необходимых угловых расстояниях друг от друга, вокруг некоторой точки $С$, изображавшей Солнце (рис. 70); затем он провел

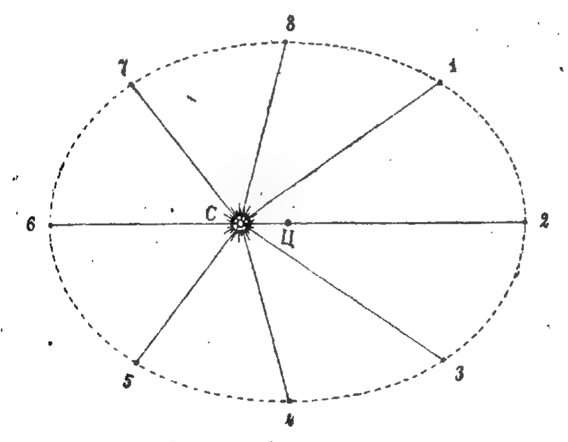



Рис. 70. Орбита Марса.

через концы расстояний (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) непрерывную кривую линию и увидел, что эта кривая — не круг, но эллипс. Чтобы понять, что это за кривая, вообразим себе, что нитка длиною больше, чем растояние $Ф_1$ $Ф$ (рис. 71), закреплена в точках $Ф$ и $Ф_1$ концами и натянута на карандаш. Если затем вести карандаш по бумаге, оставляя нить натянутой, то конец карандаша

опишет эллипс. Какую бы мы ни взяли точку на этой кривой: $M$, $M_1$, $M_2$ и т. п., она всегда обладает следующим свойством: сумма ее расстояний $MФ + MФ_1$ от точек $Ф$ и $Ф_1$ всегда остается неизменной. Если провести прямую через $Ф_1$ и $Ф$, то получим на эллипсе две точки $П$ и $A$. Сумма $MФ + MФ_1$ и равна всегда

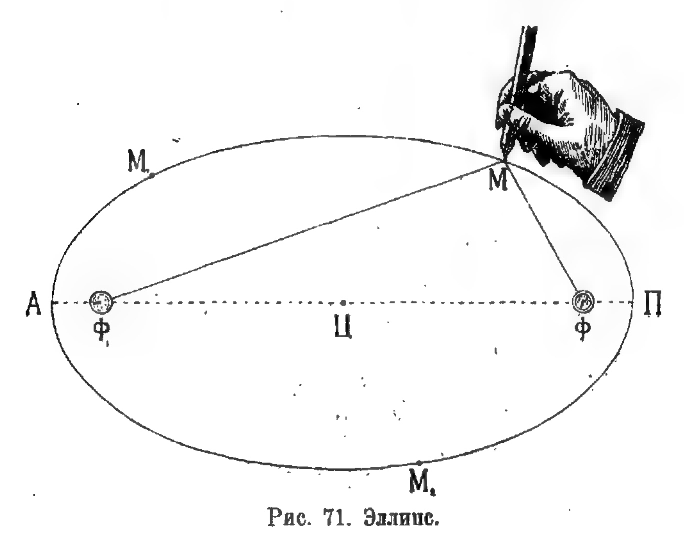



Рис. 71. Эллипс.

длине $AП$. Центром эллипса называется точка Ц посредине между $Ф$ и $Ф_1$, на прямой $AП$. Точки $Ф$ и $Ф_1$ называются **фокусами** эллипса. Расстояние точки на эллипсе $M$ от какого-либо фокуса, например, $Ф$, при движении точки $M$ по эллипсу, конечно, изменяется. Наименьшим будет расстояние $ПФ$, наибольшим — $AФ$,

Среднее между ними будет *ЦП* (или *ЦА*). Эллипс будет тем более сжат, тем больше будет отличаться от круга, чем больше расстояние *ЦФ* фокуса от центра при одной и той же длине нити. Это расстояние, выраженное в долях среднего расстояния *ЦП*, называется

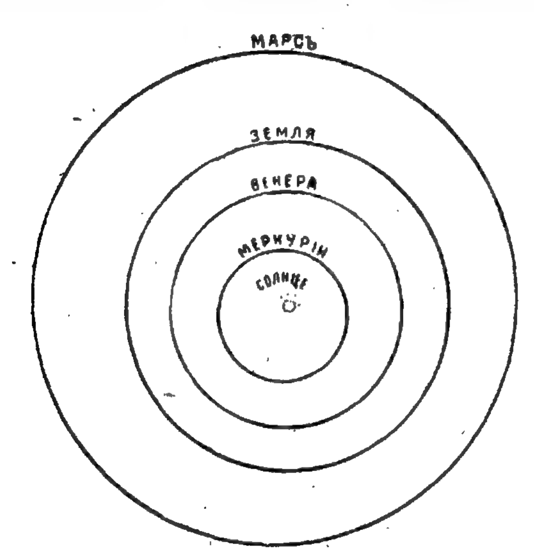



Рис. 72. Орбиты четырех планет.

эксцентриситетом эллипса. Для Марса, например, эксцентриситет равен почти $^1/_{10}$; это значит, что *ЦФ* составляет $^1/_{10}$ долю *ЦП*.

Таким образом, Кеплер открыл в 1609 году свой первый закон движения планет. Этот закон говорит:

**Все планеты движутся по эллипсам различных размеров, и Солнце находится в общем фокусе этих эллипсов.**

Положение эллипса в его плоскости будет зависеть от положения его **большой оси** *АП*, соединяющей ближайшее и самое отдаленное положения планеты от Солнца. Ближайшее положение называется **перигелием**, отдаленнейшее—**афелием**. Рисунок 72 изображает орбиты и положения орбит четырех больших планет Меркурия, Венеры, Земли и Марса, если принять их в одной плоскости.

Открыв таким образом форму орбит планет, Кеплер задал себе вопрос: как же именно движутся планеты по этим орбитам в зависимости от времени? О равномерном движении не могло быть и речи. Чем ближе была планета к Солнцу, тем она двигалась быстрее, проходила тем бо́льшую дугу эллипса. Но Кеплер был убежден, что и здесь существует совершенно определенный закон. На эту мысль его наталкивало именно правильное уменьшение дуг, пройденных планетой, от перигелия *(П)* к афелию *(А)*. Наконец, после долгих усилий Кеплеру пришло на мысль сравнить между собою площади 1, 2, 3 и т. п., пройденные линией, соединяющей центры Солнца и планеты, в равные промежутки времени (на рисунке 73 эти площади заштрихованы). Оказалось, что эти площади были равны между собою. Тогда Кеплер получил свой **второй закон**.

**Площади, пройденные прямою, соединяющей центры планеты и Солнца, за рав-**

**ные промежутки времени, равны между собою.**

Вблизи точки *П* расстояния планеты наименьшие, зато дуга, пройденная, скажем, за сутки,—наибольшая: вблизи точки *А* расстояния наибольшие, зато дуга, пройденная за сутки,—наименьшая; площади же 1 и 3 выходят равными.

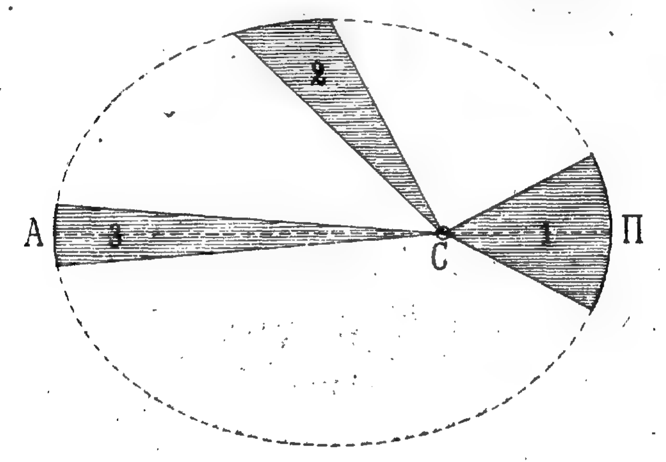



Рис. 73. Второй закон Кеплера.

Но Кеплера не удовлетворило открытие двух изложенных выше законов. Еще в юности он был убежден, что существует какой-то закон, связывающий расстояния планет от Солнца и времена их полных оборотов вокруг Солнца. Что тут есть какая-то зависимость, ему ясно было из того, что, чем больше время оборота планеты, тем больше и ее расстояние. После десяти-

летних усилий, уже в 1619 году ему удалось открыть и свой третий закон. Он нашел следующее. Если выразить все средние расстояния планет в долях среднего расстояния Земли, а времена полных оборотов в долях времени оборота Земли, то получится такой общий закон:

Если время оборота планеты возвысить в квадрат (умножить само на себя), а среднее расстояние планеты возвысить в куб (дважды умножить само на себя), то получатся числа равные.

Это и есть третий закон Кеплера. Например, время оборота Юпитера равно $11^{86}/_{100}$ года. Возвысив это число в квадрат, получим $140^{7}/_{10}$. Среднее расстояние Юпитера равно $5^{2}/_{10}$ средних расстояний Земли. Возвысив это число в куб, получим $140^{6}/_{10}$. Результаты почти совпадают.

Так были открыты Кеплером три великих закона движений планет. И эти законы навсегда остались исходными точками для вычисления положений планет. По третьему закону Кеплер прежде всего более точно вычислил средние расстояния планет, зная времена их полных оборотов (последние были и тогда уже известны весьма точно). Далее, зная, таким образом, размеры эллипсов для различных планет и их эксцентриситеты, достаточно знать еще положение каждой планеты на ее орбите в известный момент, например, 1 января, чтобы по второму закону Кеплера указать положение планеты на орбите для всякого другого момента. А зная положение орбит в пространстве, т.-е. относительно эклип-

тики (плоскости орбиты земли), можно указать положение планеты на небосводе в любой момент. Таким путем Кеплер вычислил свои знаменитые Рудольфинские таблицы движений планет, по которым, еще сто лет после него, астрономы определяли положения планет. Эти таблицы отлично согласовались со всеми тогдашними наблюдениями и были гораздо точнее таблиц Рейнгольда. С помощью их положение планеты на небосводе предсказывалось уже с точностью не менее, чем до 1 минуты дуги; а такую только точность и могли дать наблюдения невооруженным глазом, т.-е. инструментами без труб, какими работал Тихо Браге.

Но наступило время, когда и прекрасные таблицы Кеплера разошлись с наблюдениями. Это произошло не потому, чтобы законы, открытые Кеплером, были неверны, но потому, что обнаружились небольшие уклонения от этих, в общем всегда верных, законов. Такие уклонения были замечены уже после того, как великий английский ученый Исаак Ньютон (см. стр. 43—8) обнаружил причину движений планет и доказал, что в движениях планет из-за этой причины должны получиться уклонения от законов Кеплера.

Уже Кеплер был убежден, что существует какая-то сила, управляющая движениями планет, и что эта сила исходит от Солнца, подобно магнитной силе из магнита; эта сила удерживает планеты на их орбитах и не позволяет им унестись в беспредельное мировое пространство. Понятия Кеплера об этой неизвестной силе были

настолько уже ясны, что он постигал ее взаимность, т.-е. понимал, что ею обладает не только Солнце, но и планеты. Он говорил, например, что если бы Луна внезапно перестала двигаться вокруг Земли, то она стала бы двигаться по направлению к Земле, а Земля по направлению к Луне. При этом Луна прошла бы до встречи $^{53}/_{54}$ расстояния между нею и Землею, а Земля только $^{1}/_{54}$. Но открыть закон действия силы Кеплеру не удалось, так как общая наука о движении (механика) была тогда не разработана, и это великое открытие выпало на долю Ньютона (1642—1727 г.).

Ньютону после исследований о движении вообще, сделанных Галилеем (1564—1642) и особенно голландцем Гюйгенсом (1629—1695), было уже совершенно ясно, что движение планет не может существовать без причины, без участия силы, им управляющей. Без причины, без участия силы может существовать только движение прямолинейное и равномерное; движение же планеты криволинейно и неравномерно, поэтому необходимо, чтобы на планету в каждое мгновение действовала некоторая сила, сталкивающая планету с прямого пути и приближающая ее к солнцу. Задумываясь над тем, что это за сила, Ньютон пришел к мысли, что это есть притяжение планеты к Солнцу. Это притяжение заставляет каждую планету в каждое мгновение падать, приближаться к центру Солнца, подобно тому, как все тела на Земле

падают к центру Земли. Поэтому планеты и удерживаются, приблизительно, на одинаковом расстоянии от



Рис. 74. Христиан Гюйгенс.

центра Солнца, как Луна около центра Земли (см. беседу I, стр. 45—48). Если бы планеты вдруг перестали двигаться вокруг Солнца, они все упали бы на

Солнце; а если бы Солнце перестало притягивать их, они унеслись бы вдаль от него в пространство. Дело происходит так. Планета *П* стремится двигаться по касательной *ПА* к своей орбите (рис. 75), подобно тому, как шар, движущийся по плоскости на нити кругом колышка, пойдет по касательной к кругу, если внезапно перерезать нить. Через секунду, скажем, планета, идя по касательной, пришла бы в точку *А*. Но притяжение приближает планету к Солнцу, и если бы планета не двигалась кругом Солнца, то в ту же секунду она прошла бы путь *ПГ*. Повинуясь сразу обоим движениям, планета пойдет по некоторому среднему пути и придет в точку *Б*, а затем постепенно опишет полную замкнутую линию. Такова была главная мысль. Но ее одной было еще недостаточно. Нужно было решить еще вопрос, что это за сила и каков закон ее действия, т.-е. как она действует при различных условиях.

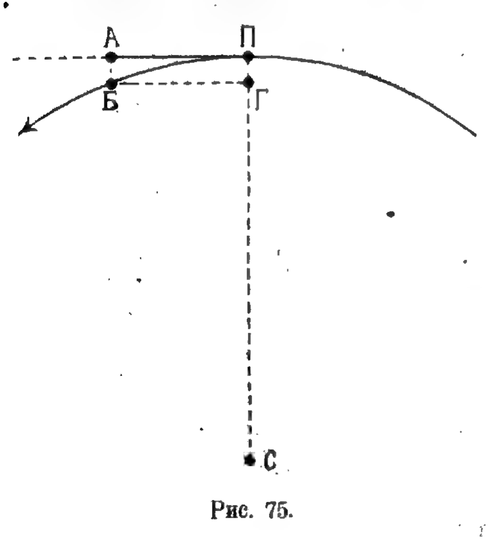


Рис. 75.

Размышляя над вопросом о том, какая сила может удерживать Луну на ее орбите вокруг Земли, Ньютон пришел к мысли, что это может быть сила тяжести, которая заставляет все тела на Земле падать к центру Земли. У поверхности Земли сила тяжести, как мы видели в I беседе (стр. 49), заставляет свободно падающее тело проходить в первую секунду 16 фут. Когда Ньютон затем вычислил, зная расстояние Луны от Земли и время ее полного оборота, какой путь Луна проходит в секунду по направлению к центру Земли (на рис. 74 это и будет, например, путь *II'*), то оказалось всего только $^1/_{19}$ доля дюйма. Значит, сила тяжести уменьшается с расстоянием. Это было первое важное открытие. Оставалось решить, в какой мере происходит уменьшение. Сравнивая числа $^1/_{19}$ дюйма и 16 футов, найдем, что второе больше первого в 3.600 раз; расстояние же от Луны до центра Земли, как известно, больше земного радиуса в 60 раз. Число 3.600 есть 60 $\times$ 60. Выходит, что, когда расстояние от центра Земли увеличивается в 60 раз, путь, пройденный падающим телом в первую секунду, уменьшается в 60 в квадрате раз. Ньютон проверил этот вывод на планетах, и всюду вывод подтвердился. Так, например, если сделать подсчет для Земли, Марса и Юпитера, то окажется следующее. Земля проходит в первую минуту по направлению к центру солнца путь в 412 дюймов, Марс — в 179 дюймов, Юпитер в $15^1/_4$ дюймов. Число 412 больше

числа 179 в $2^3/_{10}$ раза. Возьмем расстояние Марса от солнца, выраженное в долях расстояния Земли. Оно равно $1^{52}/_{100}$. Помножим это число само на себя (возвысим в квадрат), выйдет также $2^3/_{10}$. Число 412 больше числа $15^1/_4$ в 27 раз. Расстояние Юпитера составляет $5^2/_{10}$ расстояния Земли. Возвысив $5^2/_{10}$ в квадрат, найдем опять число 27. Значит, закон верен; его можно проверить и на остальных планетах и на их спутниках. Всегда с увеличением расстояния в 2, 3, 4, 5 и т. д. раз, путь, пройденный падающим телом в первую единицу времени, уменьшается в $2\times2$, $3\times3$, $4\times4$, $5\times5$ и т. д. раз. Таким образом Ньютон доказал, что сила тяжести действует не только на поверхности Земли, но и между всеми небесными светилами. Силу эту он назвал притяжением или тяготением и доказал относительно ее общий закон: сила притяжения между двумя телами изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния между ними.

Далее Ньютон вполне подтвердил мысль Кеплера о том, что сила притяжения взаимна: если Земля притягивает Луну и заставляет ее описывать орбиту вокруг себя, то и Луна в свою очередь притягивает Землю и заставляет ее обращаться в одно и то же время вокруг некоторой точки внутри земного шара (см. беседу I, стр. 54—5). И притом Земля и Луна притягивают друг друга с равной силой. Это

нужно понимать так. В Земле количество вещества, материи, количество материальных частиц, или масса, в 80 раз больше массы Луны, но зато путь, который Земля вследствие притяжения прошла бы в первую секунду по направлению к Луне, в 80 раз меньше, чем путь, который прошла бы Луна по направлению к Земле. Сила взаимного притяжения измеряется зараз и массой тела, и путем, который оно проходит в первую секунду, а именно их произведением. В обоих случаях это произведение будет одно и то же.

Итак, Ньютон показал, что сила притяжения есть всеобщая, универсальная сила и действует между любыми двумя телами прямо пропорционально их массам и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Это значит: если массу одного тела увеличить или уменьшить в несколько раз, то сила притяжения тоже увеличится или уменьшится во столько же раз; а если расстояние увеличить или уменьшить в 2, 3, 4, 5 и т. д. раз, то сила притяжения уменьшится или увеличится в $2 \times 2$, $3 \times 3$, $4 \times 4$, $5 \times 5$ и т. д. раз. Сила притяжения не зависит ни от чего другого, кроме масс тел и расстояний между ними. Она действует всегда и безусловно на всяком расстоянии и между любыми массами. И этим своим действием на тела при всяких условиях сила притяжения отличается от других мировых сил, которые, как, например, световое, тепловое движение частиц,

электричество, магнетизм, проявляются только при известных условиях, более сложных.

Вот в чем состояло великое открытие Ньютона, великий **закон всеобщего тяготения**.

После открытия этого закона стало ясно, что движения планет не могут подчиняться вполне строго законам Кеплера и должны несколько уклоняться от них. Каждая планета, отдельно взятая, если бы не было остальных планет, двигалась бы строго согласно с первым и вторым законами Кеплера. Но планет много, и по закону Ньютона каждая из них должна притягивать все остальные. Эти притяжения и должны нарушать правильное движение планет по законам Кеплера, производить небольшие уклонения от этого движения; планеты, например, описывают уже не эллипсы, но весьма сложные кривые, при чем планета то несколько приближается к Солнцу, то удаляется от него сравнительно с расстоянием, которое было бы при строгом движении по эллипсу. Таким образом, опять понадобилось исправить теорию, построенную на законах Кеплера, и привести ее в согласие с наблюдениями. Эта работа занимала умы Ньютона и целого ряда последующих великих математиков и астрономов. Она привела к целому ряду блестящих выводов и открытий, подтвердивших великий закон тяготения.

Прежде всего, для того, чтобы вычислять уклонения планет от движения по законам Кеплера, было необходимо уметь вычислять величину силы, с которою одна

планета действует на другую. А так как эта сила зависит не только от расстояния, но и от масс планет, от количества вещества в них, то нужно было научиться вычислять массы планет. Эту удивительную задачу можно назвать **взвешиванием** планет, так как, узнавая, во сколько раз масса одной планеты больше массы другой планеты, мы, в сущности, узнаем, во сколько раз одна планета весила бы больше другой, **если бы мы взвешивали их при одинаковых условиях**, например, на поверхности земного шара. И взвешивание это астрономы производят, конечно, не на обыкновенных весах, а путем вычисления при помощи закона Ньютона, так сказать, **на весах математики**. Посмотрим, как могут они это делать.

Попробуем сравнить массы Земли и Солнца. Как здесь поступить? Земля притягивает Луну, Солнце притягивает Землю. Сравним путь, который заставляет делать Земля Луну в первую секунду по направлению к своему центру, с путем, который заставляет делать Солнце Землю по направлению к своему центру также в первую секунду (см. рис. 75, пути *ПГ*). Первый путь составляет около $^1/_{19}$ дюйма, второй—около $^{23}/_{200}$ дюйма. Можно ли, зная только эти пути, прямо узнать, во сколько раз масса Солнца больше массы Земли? Нет, нельзя. Эти пути зависят не только от масс Земли и Солнца, но и от расстояния Луны от Земли и Земли от Солнца. А эти расстояния далеко не одинаковы. Как мы знаем расстояние между центрами Земли и Солнца в 390 почти

раз больше расстояния между центрами Земли и Луны. Значит, числа $^1/_{19}$ и $^{23}/_{200}$ дюйма мы сравниваем не при одинаковых условиях действия притягательной силы. Нужно сравнивать притяжения на одинаковых расстояниях. Тогда только разницу между полученными числами придется приписать именно разнице в массах Земли и Солнца, и задача будет решена. Как же теперь уравнять расстояния? Это легко сделать, принимая в расчет закон Ньютона. Вообразим, что Земля приближена к Солнцу на такое же расстояние, на каком Луна находится от Земли, т.-е. стала в 390 раз ближе к Солнцу, чем есть на деле. Каков будет тогда путь, пройденный Землею по направлению к Солнцу в первую секунду? По закону Ньютона, он будет уже не $^{23}/_{200}$ дюйма, но в $390 \times 390 = 152.100$ раз больше. Это выйдет, приблизительно, 17.500 дюймов. Значит, на одном и том же (лунном) расстоянии Солнце заставило бы Землю пройти 17.500 дм., а Земля заставляет Луну пройти всего только $^1/_{19}$ дюйма. Почему такая разница? Потому, что количество притягивающих частиц, т.-е. масса Солнца больше массы Земли. Число 17.500 слишком в 330 тысяч раз больше числа $^1/_{19}$. Значит, и масса Солнца в 330 тысяч слишком раз больше массы Земли.

Таким образом, были найдены массы всех планет, имеющих спутников; а массы Меркурия и Венеры, не имеющих спутников, найдены были по тем уклонениям, которые они производят в движении друг друга и соседней с ними Земли.

Теперь, когда узнали относительные массы планет и знали объемы планет, судя по их расстояниям и видимым диаметрам (см. бес. I, стр. 20—22), можно было определить относительные плотности планет, т.-е. узнать, во сколько раз, в среднем, вещество одной планеты плотнее вещества другой. Но этого было бы мало для суждения о том, какова же на самом деле плотность каждой планеты (и Солнца), с плотностью какого тела, твердого, жидкого или газообразного, она имеет сходство. Так как плотности всех планет и Солнца естественно было сравнивать с плотностью земного шара, то и следовало прежде всего определить среднюю плотность Земли по отношению к плотности какого-нибудь нам известного тела. Таким телом выбирается чаще всего чистая (дистиллированная) вода при температуре в 4 градуса по Цельсию (когда плотность воды наибольшая); ее плотность и принимается за единицу. Вода есть тело однородное, т.-е. плотность ее можно принять одинаковой во всех ее частях. Наоборот, Земля неоднородна, состоит из более плотных и менее плотных частей, и потому можно говорить только о средней плотности земного шара. Один английский ученый Кэвендиш (1731—1810) сумел остроумным способом, опираясь на закон Ньютона, определить и эту среднюю плотность Земли. Его способ состоял в следующем.

Кэвендиш брал два небольших равных свинцовых шарика *А* и *Б* и укреплял их на концах деревянного

стержня (рис. 76). Стержень подвешивался за средину на тонкой проволоке. Затем, с большою осторожностью, к малым свинцовым шарикам придвигали по большому свинцовому шару *В* и *Г* так, чтобы стержень проходил между ними. Тогда большие шары притягивали к себе малые, и от этого стержень отклонялся от своего

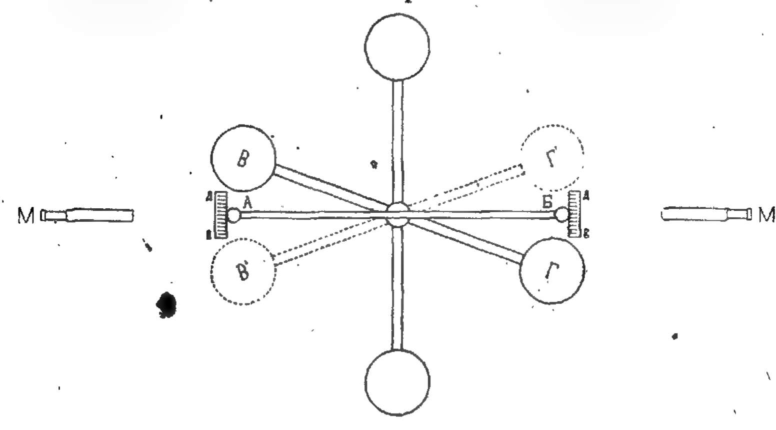



Рис. 76. Опыт Кэвендиша;
вид сверху вдоль нити, на которой подвешен стержень.

первоначального положения и принимал новое положение, при чем, конечно, проволока немного закручивалась.

Из наблюдения свободных колебаний стержня, зная его вес и размеры, можно определить силу закручивания проволоки сообразно с углом закручивания ее. Значит, таким образом можно было измерить силу притяжения между маленькими и большими шарами

на том расстоянии, на каком они находились во время опыта. А затем уже путем нехитрых вычислений можно определить, с какою силою притягивал бы большой свинцовый шар величиною с Землю маленький шарик на его поверхности. Оказывается, он притягивал бы вдвое сильнее, чем Земля. Значит, в свинце плотность притягивающего, или, что то же самое, притягиваемого, вещества вдвое больше, чем средняя плотность Земли. Известно же из физических опытов, что плотность свинца по отношению к воде равна 11; значит, средняя плотность Земли по отношению к плотности воды в $5^1/_2$ раз больше; это значит, что если бы земной шар был весь из воды, то он весил бы в $5^1/_2$ раз меньше, чем весит на самом деле.

После этого уже нетрудно было узнать, какова средняя плотность планет и Солнца. Нужно было знать только их объемы и массы. Например, зная, что объем Солнца в 1.400 тысяч раз больше объема Земли, а масса только в 330 тысяч раз больше, легко сообразить, что средняя плотность Солнца в 4 раза меньше средней плотности Земли, а потому она составляет $5^1/_2 : 4$, т.-е. $1^3/_8$ плотности воды.

Но самое блестящее приложение закон Ньютона нашел для себя в вычислении тех уклонений, которые получаются в движениях планет по законам Кеплера вследствие взаимных притяжений планет. Уже Ньютон показал, как можно приблизительно вычислять эти уклонения и, таким образом, более точно предсказывать

наперед положение каждой планеты на ее орбите и на небосводе. Но только после работ гениального величайшего математика нового времени француза Жозефа Луи Лагранжа (1736—1813 г.) стало возможным точно вычислять эти уклонения. Главным созданием Лагранжа была теоретическая или, как он назвал ее, аналитическая механика, в которой им были изложены способы вычислять взаимные положения всякого рода тел при всевозможных условиях, т. е. при движении их под влиянием сил, действующих по любому закону. Дело в том, что, изучая движение какой-либо планеты, например, Земли, мы должны принимать в расчет притяжения, которые оказывают на нее все прочие планеты. Под влиянием этих притяжений Земля и будет уклоняться от точного движения по законам Кеплера. Эти уклонения были названы возмущениями.

Если есть только два тела, взаимно притягивающихся по закону Ньютона, то задача о движении их вокруг общего центра тяжести решается вполне: каждое движется относительно этого центра по законам Кеплера. Но если таких тел три, то оказывается, что задача, так называемая задача трех тел, усложняется в высшей степени, если массы тел не очень сильно отличаются друг от друга. Тем более трудной, и до сих пор не решонной, оказывается задача о движении многих тел, взаимно притягивающихся по закону Ньютона.

И решить ее для нашей планетной системы оказалось возможным только вследствие особенных свойств

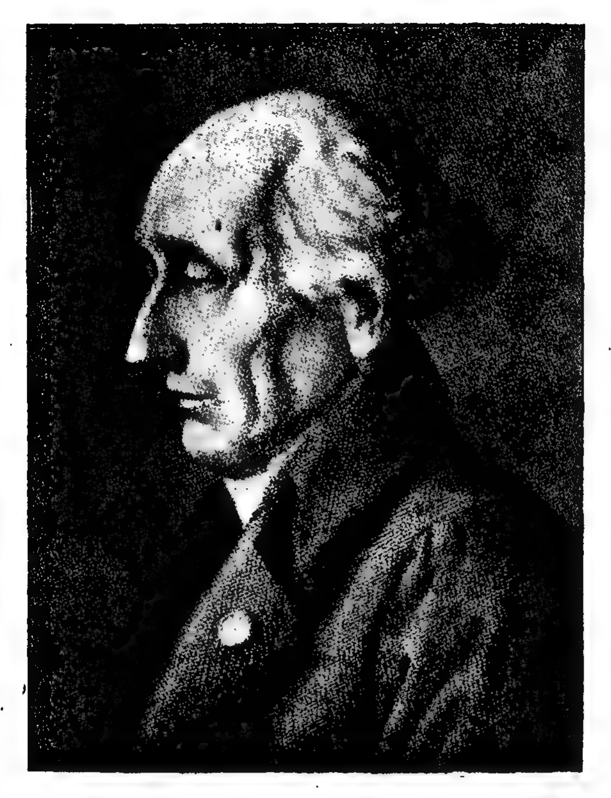


Рис. 77. Лагранж.

этой системы. Дело в том, что массы всех планет, по сравнению с массой Солнца, весьма незначительны: масса наибольшей из планет Юпитера составляет меньше $^{1}/_{1005}$ доли массы Солнца, и масса Солнца

в 750 раз превосходит массы всех планет, вместе взятых. Расстояния же между планетами весьма значительны. Поэтому возмущающие силы выходят весьма малыми, ничтожными по сравнению с притягательной силою Солнца. Например, наиболее значительное влияние Юпитера на соседнюю планету Сатурн не достигает и $^1/_{150}$ доли влияния Солнца на Сатурн. Возмущения в движениях планет получаются весьма малыми, и потому их оказывается возможным вычислить путем приближений. Способ вычисления и был изобретен Лагранжем.

Лагранжу удалось доказать еще одну важную и интересную вещь. Он показал, что наша планетная система есть система у с т о й ч и в а я, т.-е. что, несмотря на уклонения вследствие возмущений, планеты в общем навсегда сохранят ту величину и форму орбит и то расположение вокруг солнца, которое имеют теперь, так как рано или поздно они возвращаются к своим прежним положениям. Например, эксцентриситет земной орбиты теперь уменьшается и будет уменьшаться еще 24 тысячи лет, а затем станет увеличиваться, но тоже только до известного предела. Вопрос этот не безынтересен для обитателей Земли. Ведь можно было бы подумать, что взаимные возмущения произведут в расположении планет такие глубокие изменения, что даже жизнь на Земле станет невозможной или затруднительной (например, если бы расстояние Земли от Солнца все время увеличивалось или если бы эксцентри-

ситет земной орбиты все время возрастал, т.-е. орбита делалась бы все более и более растянутой).

Способы вычислений, данные Лагранжем, послужили затем основанием для наиболее замечательного, самого удивительного астрономического открытия XIX века. В 1846 году была открыта планета Нептун, но уже не с помощью телескопа, как был открыт в 1781 году Уран, но на основании только математических расчетов. Положение новой планеты было предсказано, вычислено заранее, и планета была найдена на указанном наперед месте. Этот подвиг ума человеческого совершили два замечательных астронома-математика: француз Леверрье и англичанин Адамс.

Существование какой-то планеты, находящейся дальше Урана, подозревалось уже давно. Дело было здесь в следующем. Знаменитый французский астроном-математик Лаплас (1749—1827 г.г.) по способам, данным Лагранжем и им самим, вычислил возмущения всех планет, до Урана включительно, в замечательном громадном сочинении „Небесная механика". Ученик и усердный сотрудник Лапласа Бувар (1767—1843) по способам Лапласа вычислил на много лет вперед положение всех планет, Солнца и Луны на небосводе. Но уже к 20-м годам XIX века оказалось, что движение Урана почему-то расходится с таблицами Бувара. Расхождение достигало 2 минут дуги, тогда как точность наблюдений того времени дошла уже до нескольких десятых долей секунды. Чтобы понять, как

велика такая точность, вообразите, что круг, диаметром в аршин, удален от вашего глаза на 206.265 аршин, или на 137½ верст. Тогда круг будет виден под углом в одну секунду, а если удалить его на 1.375 верст, угол уменьшится до $^1/_{10}$ доли секунды. Расхождение в 2 минуты было недопустимо. Доискиваясь причины его, астрономы и пришли к мысли, что оно должно происходить от возмущений неизвестной планеты, находящейся за Ураном. Бувар не знал об ее существовании и потому не мог принять в расчет ее действия на Урана; его таблицы и должны были поэтому постепенно разойтись с действительностью. Так время прошло до 1844 года, когда за решение трудного



Рис. 78. Лаплас.

вопроса взялся молодой французский астроном Леверрье (1811—1877). В два года он успел вновь перевычислить таблицы Бувара и исправить их; одна эта работа с подготовительными вычислениями составила 5 громадных томов в лист величиной по 2.300 страниц в каждом томе. Затем Леверрье предстояло решить такую задачу: зная, в каком направлении и насколько уклоняется Уран от места, указанного в таблицах, определить положение неизвестной планеты, которая производит это уклонение. Задача была решена им блестяще. 23 сентября 1846 года Леверрье послал письмо в Берлин, где в то время составлялась подробная карта звездного неба, и просил искать планету на указанном им месте. Астроном Галле направил телескоп на указанное место и нашел звездочку 8-й величины, не означенную на карте, всего только в расстоянии 52 минут (меньше градуса) от указанного Леверрье места. На следующий день оказалось, что звездочка имеет собственное движение, и, таким образом, неслыханное в истории астрономии открытие планеты при помощи одного только вычисления совершилось. Адамс (1819—1892) был тогда еще студентом и блестяще решил ту же задачу, даже несколькими месяцами раньше Леверрье. Однако, его открытие не было во-время принято во внимание его соотечественниками, и первенство осталось за Леверрье. Как трудно было бы открыть Нептун иным путем, при помощи телескопа, видно из того, что его уже дважды наблюдали за много лет перед

тем, но принимали за звезду (его движение очень медленно).

Познакомившись с законами движения планет и с бессмертными завоеваниями, сделанными умом человеческим в этой области, посмотрим, что представляет собою каждая планета при наблюдении ее в телескоп.

Ближайшая к Солнцу планета **Меркурий** движется на среднем от него расстоянии в 54 миллиона верст, но это расстояние может увеличиваться на $^1/_5$ долю до 65 и уменьшаться на $^1/_5$ долю до 43 милл. в., так как эксцентриситет орбиты Меркурия равен $^1/_5$ (наибольший среди больших планет). Диаметр Меркурия содержит 4.500 верст, т.-е. равен, приблизительно, $^3/_8$ диаметра Земли, а потому объем Меркурия равен, приблизительно, $^1/_{19}$ доле объема Земли, масса же Меркурия составляет до $^1/_{18}$ массы Земли. Поэтому у Меркурия средняя плотность такая же, как у Земли (немного больше). Сила тяжести на поверхности Меркурия составляет меньше $^1/_2$ силы тяжести на Земле. Наблюдать Меркурий очень трудно. По причине своей близости к Солнцу и того, что орбита его находится внутри орбиты Земли, Меркурий не отходит от Солнца дальше 29 градусов и потому прячется в лучах утренней и вечерней зари. До сих пор не удалось открыть на диске Меркурия таких постоянных пятен, которые позволяли бы определить, вращается ли он на своей оси и во сколько времени. Точно так же ничего нельзя определенного сказать об атмосфере Марса и о распределении климатов на его

поверхности. Несомненно только, что Солнце светит и греет на поверхности Меркурия почти в 7 раз сильнее, чем на поверхности Земли.

Венера представляет собою наиболее яркое после Луны светило нашего неба. Она не удаляется от солнца дальше 48 градусов и потому бывает видна не больше 4 часов после заката Солнца на западной стороне неба и не больше 4 часов до восхода Солнца на востоке. Она и носит поэтому название вечерней и утренней звезды. Ее среднее расстояние равно 101 миллиону верст и изменяется незначительно, так как эксцентриситет орбиты Венеры наименьший среди больших планет (всего $^{7}/_{1000}$), и орбита почти не отличается от круга. Объем, масса и плотность Венеры немного меньше объема, массы и плотности Земли. Существование атмосферы несомненно обнаружено во время прохождений Венеры по диску Солнца. Во время нижнего соединения Венера проходит между Землей и Солнцем. Вообще, она проходит несколько выше или ниже Солнца, так как ее орбита наклонена к орбите Земли (к эклиптике) на 3 с лишком градуса. Но иногда случается, что при нижнем соединении своем Венера находится почти на одной линии с Землей и Солнцем, и тогда она бывает видна на диске Солнца в виде темного кружка. Это случается редко, в таком порядке: через 8, 122, 8 и 105 лет. Последнее такое прохождение было в 1882 году, следующее будет только в 2004 году. И вот было замечено, что, когда Венера

наполовину уже надвинулась на диск солнца, вокруг другой ее половины стала видной светлая кайма. Это несомненно атмосфера, окружающая Венеру (рис. 79). Плотность атмосферы и яркость блеска Венеры помешали открыть на ней какие-либо постоянные пятна, и время ее вращения на оси до сих пор достоверно не-

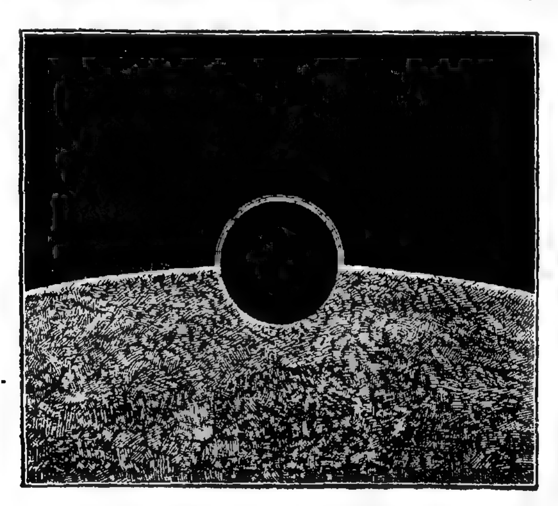


Рис. 79. Венера на диске Солнца.

известно. Ничего определенного нельзя сказать и о наклонности оси ее вращения к ее орбите, а потому и о распределении климатов на поверхности Венеры.

Марс является красноватой звездой первой величины и представляет собою интереснейшую планету по обилию подробностей поверхности, которые удалось

изучить благодаря близости Марса и выгодным условиям для его наблюдения. Среднее расстояние Марса от Солнца содержит около 213 миллионов верст; при эксцентриситете орбиты почти в $^1/_{10}$ оно может изменяться от 192 до 234 миллионов верст. Удобнейшее время для наблюдений над Марсом — его противостояние, когда он находится в стороне, противоположной Солнцу, и потому в полночь проходит через меридиан. Тогда Марс бывает ближе всего к Земле, и расстояние его уменьшается до 73 миллионов верст. Иногда же, когда в это время Марс находится в наиболее близкой к Солнцу точке, расстояние от Земли до Марса может уменьшиться до 52 миллионов верст. Такие благоприятные противостояния случаются через 15 лет (например, они были в 1877, 1892, 1907 годах). Этими противостояниями астрономы пользуются не только для того, чтобы лучше изучить поверхность Марса, но и для того, чтобы определить точно его расстояние, а по этому расстоянию вычислить расстояние до Солнца, так как известно, что в это время расстояние до Марса составляет около $^{37}/_{100}$ солнечного расстояния. Расстояние до Марса определяют тогда по способу, указанному в беседе для Луны.

Пятна на диске Марса замечены были еще Гюйгенсом, и сравнение его рисунков с нынешними показало, что многие пятна неизменны. Эти пятна дали возможность точно определить время вращения Марса и наклон оси его вращения к плоскости его орбиты. Ока-

залось, что время вращения Марса равно 24 часам 37 минутам 23 секундам, а ось его вращения наклонена к его орбите на 27, приблизительно, градусов. Следовательно, смена дня и ночи и распределение климатов на Марсе почти таковы же, как на земном шаре (наклон земной оси к эклиптике равен $23\frac{1}{2}$ градусам). Диаметр Марса составляет несколько больше $^1/_2$ земного диаметра и содержит около 6.450 верст. Объем Марса составляет около $^1/_7$ объема Земли, масса — около $^1/_{10}$. Поэтому плотность Марса составляет $^7/_{10}$ плотности Земли. Сила тяжести на поверхности Марса составляет меньше половины и немного больше трети силы тяжести на поверхности Земли. Атмосфера на Марсе несомненна. Это видно прежде всего из того, что на полюсах Марса видны белые пятна (рис. 80), которые становятся то больше, то меньше, смотря по тому, бывает ли в данном полушарии зима или лето. Несомненно, что эти пятна — осадки каких-то паров из атмосферы Марса, подобные нашим полярным снегам. Но осадки ли это водяных паров, или каких-либо других, сказать трудно, хотя, повидимому, атмосфера Марса действительно такого же состава, как и земная, только более, быть может, редкая и более прозрачная. Благодаря этой постоянной прозрачности и ясности атмосферы, на поверхности Марса видны многочисленные темные и светлые пятна, перерезанные целою сетью темных, тонких линий (рис. 80). Эти линии первый наблюдатель их италья-

нец Скиапарелли (род. в 1835 г.) назвал проливами, думая, что это проливы, соединяющие моря, за которые он принял темные пятна (светлые же пятна он считал материками). Так это или не так, сказать до сих пор трудно. Несомненно только, что из всех планет Марс обнаруживает наибольшее сходство с



Рис. 80. Полярные пятна Марса.

Землей по устройству поверхности и по климатическим условиям. Только времена года на нем почти вдвое длиннее земных.

В 1877 году во время одного из благоприятных противостояний американский астроном Холль открыл двух спутников Марса и назвал их Фобосом и Деймосом. Фобос находится всего в 8.700 вер-

стах от планеты и обращается в 7 часов 40 минут; Деймос обращается на расстоянии 22 тысяч верст в течение 30 часов слишком. Поэтому Фобос должен был бы для воображаемых обитателей Марса восходить на западе, а закатываться на востоке (так как обращение спутников, как и самой планеты, прямое, т.-е.

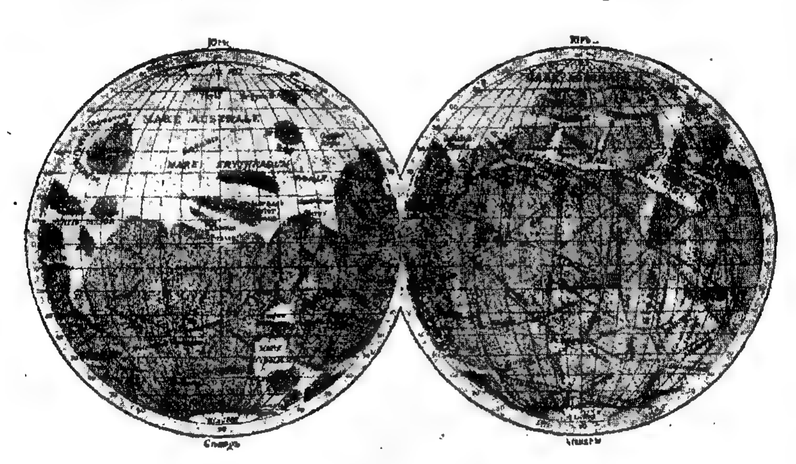



Рис. 81. Карта Марса с каналами (проливами).

с запада на восток); Деймос же должен казаться движущимся весьма медленно. Диаметры спутников, вероятно, не превышают 10 верст.

Юпитер — самая большая планета нашей солнечной системы и самое яркое после Венеры светило неба. Он светит белым светом. Его среднее расстояние от Солнца равно почти 730 миллионам верст. Его диа-

метр в 11 раз, масса в 310 раз, объем в 1.300 с лишком раз больше земных. Плотность Юпитера, следовательно, в четыре слишком раза меньше плотности Земли, а сила тяжести на его поверхности с лишком в $2^1/_2$ раза больше, чем на Земле (надо 310 разделить на 11 в квадрате, или на 121). Уже это одно указывает, что Юпитер имеет больше сходства с Солнцем, нежели с Землей, по своему внутреннему строению. Это сходство еще усиливается при наблюдении Юпитера в телескоп. На его поверхности замечаются изменчивые полосы и пятна, доказывающие, что мы имеем перед собою облака атмосферы Юпитера (рис. 82). Сквозь эти облака бывают видны иногда и более постоянные пятна. Таково было красное пятно, открытое в 1878 году, которое затем стало белым и исчезло к 1893 году. Его нашли белым и на рисунках раньше 1878 года. Появление этого пятна ясно показывает, что масса Юпитера, подобно массе Солнца, находится еще в состоянии довольно напряженной деятельности. Сходство с Солнцем еще увеличивается при изучении вращения Юпитера. Следя за движением пятен, обнаружили, что Юпитер имеет весьма быстрое вращательное движение и обращается вокруг своей оси, в среднем, в 9 ч. 55 м., но притом не как одно твердое тело: экваториальные пояса вращаются на 5 минут быстрее средних поясов. Все это доказывает, что до сих пор еще главная масса Юпитера должна находиться в газообразном состоянии; только внешняя тонкая кора его может быть

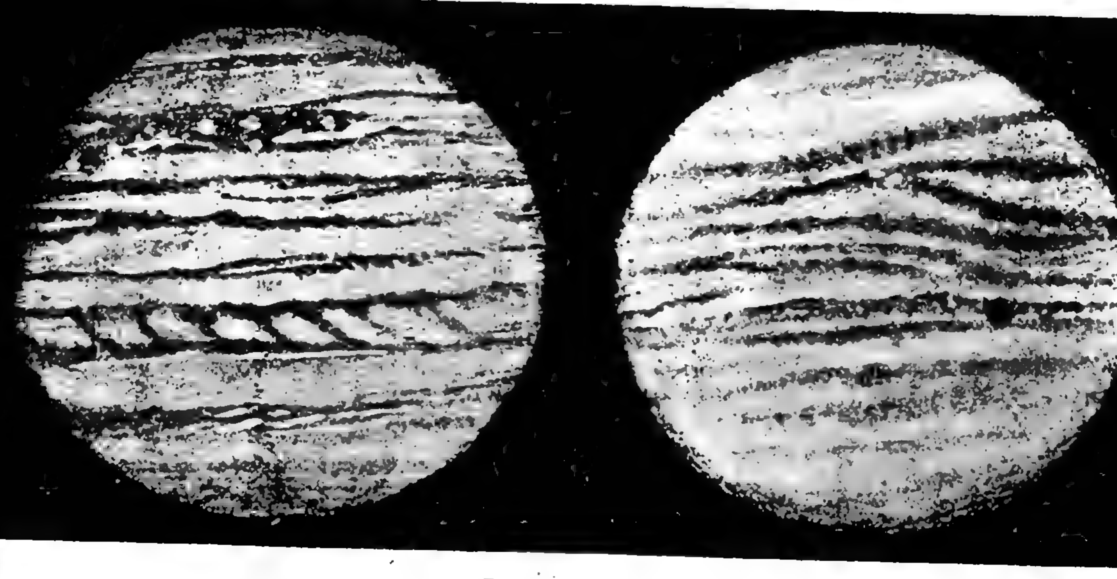


Рис. 82. Юпитер.

твердой. Быстрое вращение было причиной сильного сжатия Юпитера. Он кажется сильно сплюснутым.

Спутников у Юпитера известно девять. Четыре из них открыты еще Галилеем, пятый—в 1892 году, четыре последних—уже в настоящем столетии. Движутся главные спутники почти перпендикулярно к оси вращения Юпитера, которая сама почти перпендикулярна к орбите Юпитера. При своем движении спутники часто затмеваются тенью планеты или бросают тень на нее, как показано на рис. 81. Эти затмения спутников Юпитера в истории астрономии и физики сыграли заметную роль. Благодаря им датский астроном Ремер в XVII веке в первый раз вычислил скорость движения солнечного луча. Он заметил следующее. Если, зная время оборота, например, одного из ближайших спутников Юпитера (42 часа), вычислить наперед моменты его затмений, то окажется, что наблюдаемые моменты будут то запаздывать, то наступать раньше против вычисленных моментов. Положим, что мы начали наблюдать, когда Юпитер близок к противостоянию с Солнцем и наиболее близок к Земле; пусть тогда затмения наступают правильно. Чем больше Земля будет удаляться от Юпитера на противоположную сторону своей орбиты, тем больше будут запаздывать затмения, и когда Земля станет по другую сторону Солнца, чем Юпитер, и, следовательно, расстояние ее от Юпитера увеличится на полный диаметр земной орбиты, запаздывание станет наибольшим. Ремер оценил это запаздывание в 22 ми-

нуты (на самом деле оно оказалось равным 16 минутам 36 секундам). Ремер вполне правильно объяснил это запаздывание тем, что **свет распространяется не мгновенно**, но с некоторою скоростью, и что ему поэтому нужно 22 минуты, чтобы пробежать диаметр земной орбиты. В настоящее время скорость света определена более точно (с ошибкой не больше 30 верст) прямыми опытами (с вращающимися зеркалами или зубчатыми колесами). И потому теперь, наоборот, зная скорость света и время, которое ему нужно, чтобы пробежать диаметр земной орбиты (498 — 499 секунд), определяют расстояние от Земли до Солнца. Величина спутников Юпитера весьма различна. Два самых больших из них в поперечнике почти вдвое больше нашей Луны, открытые же в последнее время весьма малы и наблюдаются только в самые сильные телескопы.

Противостояние Юпитера, когда наблюдать его наиболее удобно (тогда он проходит через меридиан в полночь), случается ежегодно, приблизительно месяцем (34 днями) позже, чем в предыдущий год. В 1922 году противостояние было в апреле; в 1923 году в мае, в 1924 г. будет в июне и т. д.

**Сатурн** — вторая по величине планета. Он светит, как звезда первой величины бледно-желтого цвета. Его противостояние случается каждый год 13 днями позже, чем в предыдущий год. В 1922 году оно случилось в конце марта, в 1923 г. в начале апреля,

в 1924 г. в апреле и т. д. Среднее расстояние Сатурна достигает 1.335 миллионов верст; его диаметр слишком в 9 раз больше диаметра Земли, объем в 700 слишком раз больше земного, масса почти в 100 раз больше. Плотность Сатурна составляет только $^{1}/_{7}$ плотности Земли, следовательно, он менее плотен, чем вода. Поэтому строение Сатурна должно быть еще более сходно с Солнцем, чем у Юпитера. На диске его замечены

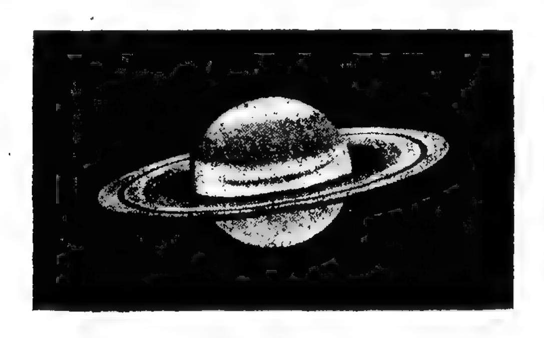


Рис. 83. Сатурн

полосы, подобные полосам Юпитера и указывающие на существование атмосферы. Время вращения Сатурна оценено в $10^{1}/_{4}$ час. Эта быстрота вращения придала Сатурну значительное сжатие.

Самое замечательное в Сатурне — его кольца (рис. 83). Это наиболее замечательный предмет нашей солнечной системы. Диаметр кольца (внешний) слишком втрое превышает диаметр Сатурна. Кольцо тройное,

т.-е. имеет два пустых промежутка. Внутренний край кольца более туманный. Толщина кольца не превышает 200 верст. Как предположил в 1856 г. Максвелль, и как показали наблюдения последнего времени, кольцо состоит из целого роя небольших спутников, настолько скученных, что вместе они кажутся нам сплошным телом.

Спутников у Сатурна известно 10. Движутся спутники почти в плоскости колец Сатурна.

Уран и Нептун не видны невооруженным глазом вследствие своей отдаленности (впрочем, зная положение Урана по таблицам, его еще можно видеть, как звезду 6-й величины). Их средние расстояния 2.785 и 4.207 милл. верст. Диаметры, приблизительно, в четыре раза больше земного, массы, приблизительно, в пятнадцать раз больше. Плотности, приблизительно, в $1^1/_2$ раза больше плотности воды. Времена и направления вращения их вокруг осей и положения осей не определены в точности, но есть указания на то, что Уран вращается вокруг оси, приблизительно, в 10 часов, и ось расположена в плоскости его орбиты.

Спутники Урана (4) и Нептуна (1) обладают замечательной особенностью, единственной во всей планетной системе (за исключением еще двух из новооткрытых спутников Юпитера и одного у Сатурна). Они движутся вокруг планет в обратном направлении (с востока на запад). Вероятно, таково же направление вращения и самих планет. При этом плоскости орбит спутников Урана

составляют почти прямой угол с плоскостью орбиты планеты. Если так же расположен экватор планеты, т.-е. если ось вращения планеты лежит почти в плоскости ее орбиты, то времена года и климаты на Уране должны резко отличаться от земных. Именно, там должно попеременно, в течение 84 лет, освещаться то одно северное, то одно южное полушарие, при чем другое полушарие остается все во мраке, и дважды в течение этого периода должно случаться равноденствие.

Нередко возникал вопрос о том, живут ли на других планетах и вообще в других звездных системах вселенной живые и разумные существа, подобные обитателям Земли. Великий математик, физик и астроном Гюйгенс посвятил даже этому вопросу целое сочинение „Обозрение мира“ („Космотеорос“). Как ни заманчиво для фантазии решение такого вопроса, все-таки к нему нужно относиться осторожно: всякая научная фантазия должна прежде всего считаться с действительными фактами и не допускать в своих построениях невозможностей и нелепостей, не согласных с действительным ходом вещей. Можно вообразить себе все, что угодно, даже явную бессмыслицу (например, что на какой-нибудь планете деревья растут корнями вверх, или что тело людей там состоит из одной воды), но такие фантазии, конечно, не будут иметь ровно никакой ценности. В самых фантастических наших построениях, даже в сновидениях, мы можем мыслить только

о том, что мы знаем из своего опыта и наблюдения. И только такие построения нашей фантазии имеют цену, возможность которых доказывается их согласием с действительностью. Поэтому, если мы желаем говорить о жизни на других планетах, то должны и можем говорить только о той именно жизни и о таких или весьма схожих живых существах, какие известны нам на поверхности земного шара; ни о каких других говорить мы не можем, так как ничего о них не можем знать положительного. Так и рассуждал Гюйгенс. Он населяет другие звездные миры существами, подобными земным, он даже приписывает разумным существам в тех мирах те же умственные и нравственные свойства, те же понятия о добре и зле, о праве и бесправии, какие существуют у людей на земле. Разница может быть здесь только в степени развития и в природной силе этих качеств. Если вопрос поставить таким образом, то он решается довольно просто и ясно. Тогда остается только разобрать, существуют ли на других планетах и в других мирах условия, при которых возможна известная нам на земном шаре жизнь, и ответ на такой вопрос будет зависеть уже от степени точности наших знаний насчет этих условий. Главным из этих условий будут климатические условия, т.-е. распределение тепла и света по времени и по поверхности планет. Поэтому главным признаком обитаемости планет и будет для нас их климат и устройство поверхности.

Так, например, о Луне мы должны сказать, что она не может быть обитаемой: там нет ни воздуха, ни воды — главных условий жизни; суточные перемены температуры там тоже так резки, что не могут быть благоприятными для жизни. Из восьми больших планет мы только Марсу можем приписать обитаемость с большею долею вероятности. В самом деле, длина суток там почти равна длине земных суток; наклон оси вращения планеты к плоскости ее орбиты лишь немногим больше, чем у Земли; следовательно, смена времен года и распределение климатических поясов почти таковы же, как на земном шаре; только „год" Марса и вообще длина всех времен года почти вдвое больше, чем на Земле. Существование атмосферы там несомненно так же, как и паров в этой атмосфере. Нам неизвестен только, как следует, состав этой атмосферы (т.-е. содержит ли она кислород, необходимый для дыхания); но, с другой стороны, нет особенных оснований предполагать иной состав марсовой атмосферы, чем на Земле. Мы сейчас увидим, что целый ряд фактов заставляет нас приписать Солнцу и планетам одно общее происхождение из первичной туманности и потому одинаковый, в общем, химический состав всем планетам. Сила тяжести на поверхности Марса лишь вдвое меньше, чем на Земле, и потому кислород может держаться на нем в свободном (несвязанном с другими веществами) состоянии. Меньшая величина силы тяжести может считаться

даже, вероятно, благоприятным условием для физического развития высших животных. Менее благоприятным климатическим условием на поверхности Марса нужно считать только меньшее количество получаемого им тепла и света и меньшую яркость солнечных лучей, вдвое меньшую *напряженность* нагревания и освещения. Но это неблагоприятное условие может ослабляться, умеряться большею прозрачностью и ясностью атмосферы Марса. Таким образом, есть большое основание предполагать, что на Марсе существуют все условия для жизни подобных нам живых и разумных существ. Там достаточно воздуха, влаги, тепла и света; там, быть может, так же сине небо; там так же светят Солнце и звезды, только Солнце кажется с лишком на половину меньше, чем у нас, и светит менее ярко; Земля заменяет Венеру и служит утренней и вечерней звездой; спутники Марса так же, как наша Луна, только гораздо менее ярко освещают марсовы ночи (вследствие своей малости).

Приблизительно то же самое, что о Марсе, мы могли бы сказать о Венере, если бы знали точно время ее вращения на оси и наклон этой оси к орбите планеты. Венера получает больше тепла и света, чем Земля, и напряженность солнечных лучей там вдвое сильнее, чем на Земле, но зато атмосфера Венеры плотнее земной.

Наоборот, о больших планетах, лежащих дальше Марса, мы должны сказать, что в настоящее время там вряд ли возможна жизнь, потому что эти тела по строе-

нию своему ближе подходят к Солнцу, чем к Земле. Мы знаем только, что на Юпитере не должно быть смены времен года, должно быть постоянное равноденствие, так как ось вращения Юпитера почти перпендикулярна к плоскости его орбиты; наоборот, на Уране распределение времен года и климатов резко отличается от земных, так как ось его вращения, вероятно, почти совпадает с плоскостью орбиты. Чем дальше планета от Солнца, тем более ухудшаются на ней условия для жизни, ибо тем меньше она получает тепла и света, тем меньше напряженность солнечных лучей. Уже на Юпитере сила освещения и нагревания в 27 раз менее значительна, чем на Земле.

Что касается других звездных миров других солнечных систем, чем наша, то о них мы можем сказать только одно: жизнь в них возможно допустить постольку, поскольку свойства их приближаются к нашей солнечной системе. А эти свойства, как показывают наблюдения последнего времени над туманностями, повидимому, вовсе не представляют редкости (см. беседу VI), как думали раньше. Значит, нет никаких оснований предполагать, что жизнь возможна только в нашей планетной системе и не возможна в других мирах. Можно сказать, что гениальная догадка великого мученика астрономии Джордано Бруно подтвердилась, что его мечты о том, что *жизнь царит во вселенной*, никогда не умирая, находят для себя все больше и больше подкрепляющих фактов.

Остается еще сказать несколько слов о тех особенных свойствах нашей планетной системы, которые заставляют нас предположить, что планеты и Солнце имеют общее происхождение, произошли одним и тем же путем из одного и того же вещества, из той туманности, из которой образовалось Солнце.

Наша планетная система содержит 8 больших планет, около 900 малых планет и свыше 20 спутников планет. Существуют ли планеты за Нептуном, мы пока не знаем; но если они существуют, то математики-астрономы откроют их таким же способом, как был открыт Нептун, хотя бы свет их был так слаб, что они были бы недоступны ни для какого телескопа. В движениях планет замечаются следующие удивительные совпадения. Первое: все большие планеты движутся вблизи одной и той же плоскости, вблизи эклиптики; отклонения от этого правила у малых планет, может быть, объясняются возмущающим действием больших планет. Второе: все планеты движутся в одном и том же направлении, в котором вращается на своей оси и Солнце. Третье: все почти большие планеты на своих осях и спутники их вращаются в том же направлении; исключение представляют только спутники Урана и Нептуна, два из спутников Юпитера и один из спутников Сатурна, при образовании которых, вероятно, участвовали какие-либо особенные условия. Значительная наклонность осей планет к плоскостям орбит их, т.-е. несовпадение экваторов планет с этими плоскостями,

объясняется возмущающим действием планет друг на друга и некоторыми другими обстоятельствами (хотя это еще темный вопрос). При виде таких удивительных совпадений Лаплас и пришел к мысли, что они не могут быть случайными, но должны объясняться

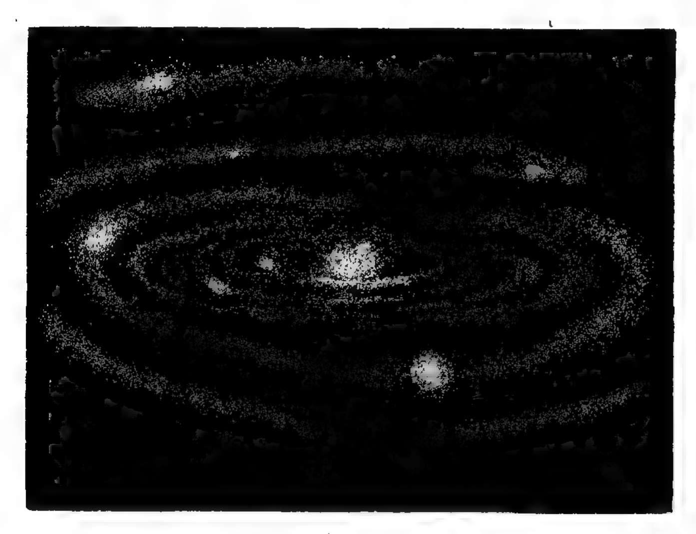


Рис. 84. Гипотеза Лапласа.

одною общею причиной. Эта причина могла состоять только в том, что когда-то между всеми планетами существовала общая материальная связь, современем исчезнувшая. За эту связь Лаплас и считал первичную туманность—весьма разреженное вещество громадных размеров в виде тумана или

газа с уплотнением в средине его. Эта туманность вращалась вокруг некоторой оси. Движение частиц придало туманности весьма растянутую, сплющенную, почти плоскую форму. Поэтому и планеты, которые впоследствии образовались из туманности, должны были сохранить то же самое направление движения и двигаться почти в одной плоскости. Постепенно вследствие тяготения к центральному ядру внутри туманности образовалось сгущение вещества, началось развитие Солнца. Сама туманность разделилась на отдельные кольца, приняла форму плоской туманности. Из колец постепенным сгущением образовались планеты, а от планет отделились спутники их, как и сейчас наглядно видно на кольце Сатурна. Как могло происходить дело, изображено на рис. 84.

Более подробно этот интересный вопрос о происхождении нашей планетной системы будет разобран в беседе VI.

---

IV.

# О КОМЕТАХ И ПАДАЮЩИХ ЗВЕЗДАХ

Иногда в нашей планетной системе внезапно появляются и вскоре так же внезапно исчезают особого вида странные светила, не похожие ни на звезды, ни на планеты. Это — кометы или косматые звезды. Как все неожиданное и странное, кометы возбуждали своим внезапным появлением суеверный ужас и самые нелепые толки. В них видели предвестниц войн и всяческих бедствий. Внешний вид их напоминал суеверно настроенному воображению мечи и чудовища. При появлении яркой кометы 1456 года (три года спустя после взятия Константинополя турками) папа римский приказал даже всем верующим католикам служить молебны об избавлении от кометы и от турок. Эта страшная комета, как и все прочие, оказалась самым безобидным существом и до сих пор продолжает, как мы увидим, мирно двигаться вокруг Солнца, состоя членом нашей солнечной системы.

Внешний вид кометы изображает рисунок 85 кометы 1811 года, которая блистала в этом году над Москвой и случайно оказалась предвестницей страшного нашествия Наполеона и французов. В развитом состоянии в комете различают обыкновенно три части: ядро,

похожее на звезду или планету, оболочку ядра —более туманную и менее яркую материю, окружающую ядро,— и „хвост“, или правильнее, кому (волосы), похожую на широкий меч или сложенный веер: это белесоватая полоса, которая тянется иногда на далекое расстояние. Длина хвоста бывала часто очень значительною, главным образом, у ярких ксмет. Например, длина хвоста кометы 1811 года была свыше 85 миллионов верст, кометы 1843 года—свыше 200 милл. верст, кометы 1882 года—свыше 259 милл. верст. Все это были яркие кометы. Если комета бывала близка к земле, то хвост ее, случа-

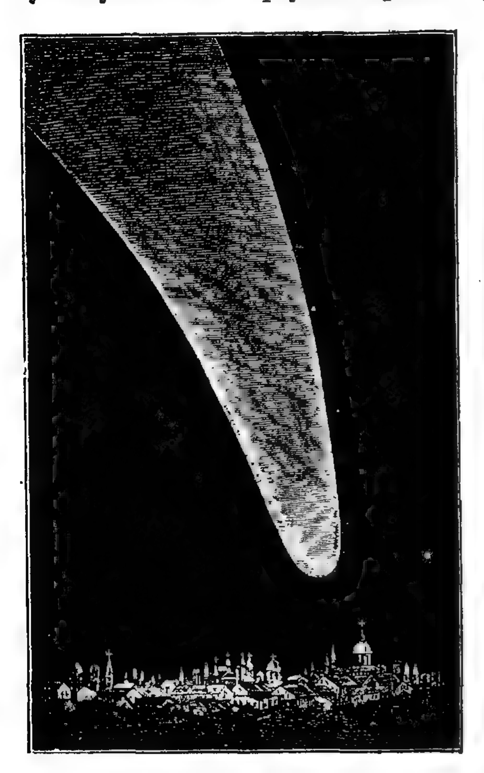


Рис. 85. Комета 1811 года.

лось, тянулся на значительную часть неба. Величина „головы“ кометы, т.-е. ядра и его оболочки, достигала иногда сотни тысяч верст в диаметре, у некоторых комет была больше Солнца.

Комета не сразу является в своем полном великолепном виде, с громадным вполне развившимся хвостом. Замеченная вдали от Солнца (в телескоп), она кажется слабо светящимся кружком, похожим на туманность (рис. 85). Только постепенно, по мере приближения к Солнцу, яркость ее ядра начинает усиливаться. Затем иногда по направлению к Солнцу вытягиваются потоки светящейся туманной материи в виде веера; они колеблются некоторое время подобно маятнику и затем отбрасываются в противоположную сторону. Только вблизи Солнца, около точки орбиты, ближайшей к Солнцу (около перигелия), комета достигает наибольшей яркости, развивает иногда большой хвост и бывает видна невооруженному глазу. Хвост кометы всегда направлен в сторону противоположную Солнцу; вначале он идет вдоль линии, соединяю-

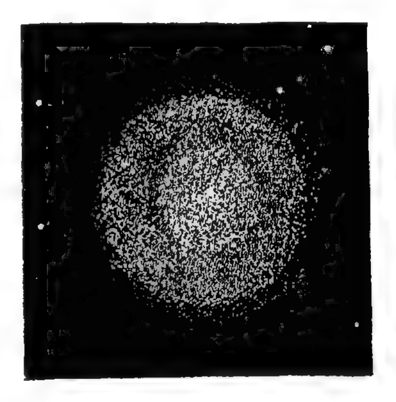


Рис. 86. Комета вдали от Солнца.

щей комету с Солнцем, а затем уже более или менее искривляется; при этом хвост всегда лежит в плоскости орбиты кометы, т.-е. его средняя линия остается в одной и той же плоскости, проходящей через центр Солнца. Ядро и оболочка кометы часто бывают слоистого строения. Ядер и хвостов бывает иногда несколько. Такова, например, была одна из великолепнейших комет — комета 1858 года, открытая итальянским астрономом Донати. У нее было три хвоста, широкий и два тонких, и голова сложного строения (рис. 87, 88).

С начала нашей эры отмечено около 500 появлений ярких комет. Со времени изобретения телескопа отмечено еще более 300 появлений неярких „телескопических" комет, и теперь почти ежегодно в телескоп открывают одну или несколько комет.

Из сказанного можно заключить, что внешний вид комет совершенно непохож ни на звезды, ни на планеты. И движение этих странных небесных светил сильно отличается от движений планет. Планеты, как мы видели, описывают около Солнца эллипсы, мало растянутые, незначительно сжатые, с малым эксцентриситетом (см. стр. 181). Самый большой эксцентриситет одной из больших планет (Меркурия) немного больше $^1/_5$, а сжатие ее эллиптической орбиты около $^1/_{50}$ (это значит, что ширина эллипса лишь на $^1/_{50}$ долю менее его длины). Наоборот, кометы движутся по весьма растянутым эллипсам, с весьма большим эксцен-

триситетом (близким к единице), так что длина этих эллипсов в несколько раз превосходит их ширину.

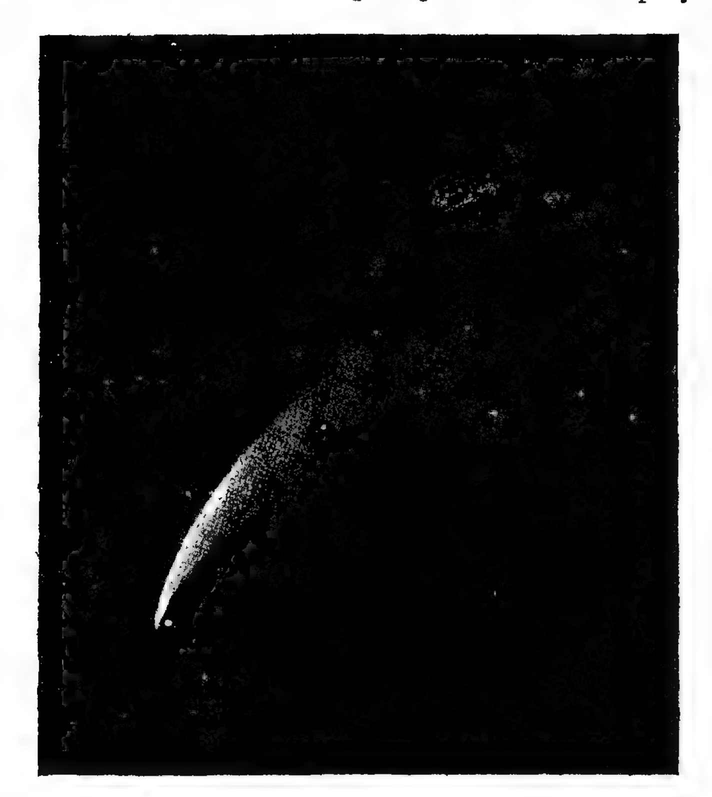


Рис. 87. Комета Донати.

Повидимому, даже очень часто пути или орбиты комет представляют собою незамкнутые кривые — па-

раболы (рис. 89) и гиперболы, так что, двигаясь по ним, комета, повидимому, никогда не возвращается уже более к Солнцу, уходит в междузвездное пространство. Но при суждении о том, какого рода

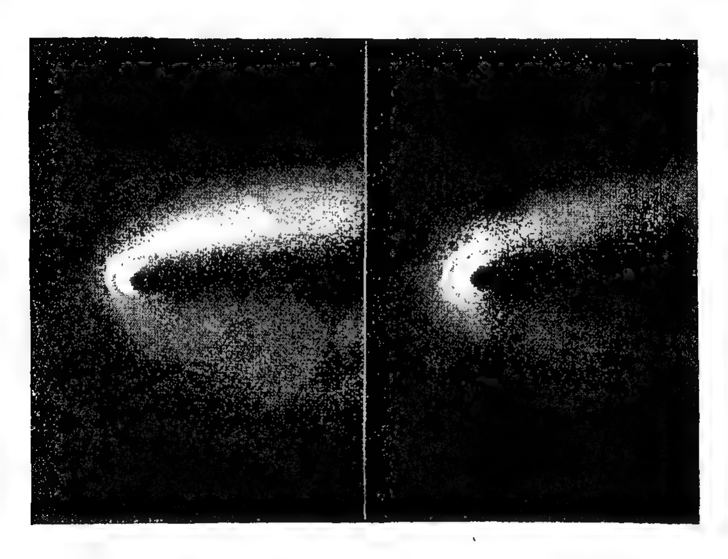


Рис. 88. Голова кометы Донати.

кривую описывает комета, нужно быть осторожным. Мы можем наблюдать комету только в течение небольшого промежутка времени, в незначительной части ее

орбиты, вблизи Солнца, и здесь бывает очень трудно решить, будет ли орбита очень растянутый эллипс или

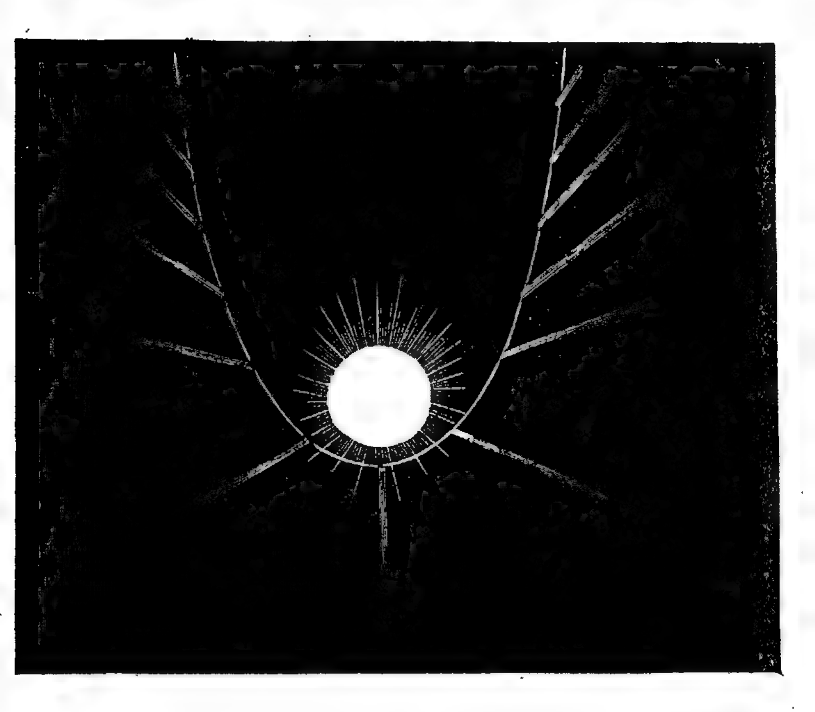


Рис. 89. Движение кометы по параболе.

незамкнутая кривая (парабола или гипербола). Это ясно видно на рис. 90. Чтобы хотя отчасти дать понять, что такое парабола, по которой, повидимому, совершается движение некоторых комет, заметим, что па-

раболу описывает любое тяжелое тело (например, мяч), брошенное на поверхности земли наклонно к горизонту. Другое отличие движения комет от движения планет состоит в том, что кометы движутся как в прямом, так и в обратном направлении, и притом часто под очень большим наклоном к плоскости эклиптики, т.-е. орбиты Земли (до 90 градусов).

Однако, несмотря на такое различие от движения планет, кометы в своем движении подчиняются законам Кеплера и закону тяготения. Следовательно, притяжение Солнца является причиной их криволинейного движения. Ньютон, творец закона тяготения (см. стр. 43), доказал, что под влиянием силы тяготения тяжелое тело может описывать любое коническое сечение, т.-е. линию, которая получается от пересечения поверхности конуса плоскостью. На рис. 91 двойной конус с вершиною $O$ пересечен несколькими плоскостями. Ось конуса есть линия $OM$. Если плоскость пересекает конус перпендикулярно (под прямым углом) к оси его, то в сечении получится круг $K$. Если секущая плоскость составляет с осью угол, который меньше прямого, но больше, чем угол 1 между осью конуса $OM$ и его образующей линией $OA$, то в сечении получается эллипс $Э$ (замкнутая кривая). Если угол секущей плоскости с осью равен углу 1 между осью и образующей конуса, то в сечении получается парабола $П$ (несомкнутая кривая, состоящая из одной

ветви). Если же угол секущей плоскости с осью меньше угла 1, то получается гипербола *ГГ* (кривая, состоящая из двух отдельных, несомкнутых ветвей). Наконец, если плоскость проходит прямо через ось *ОМ*, то

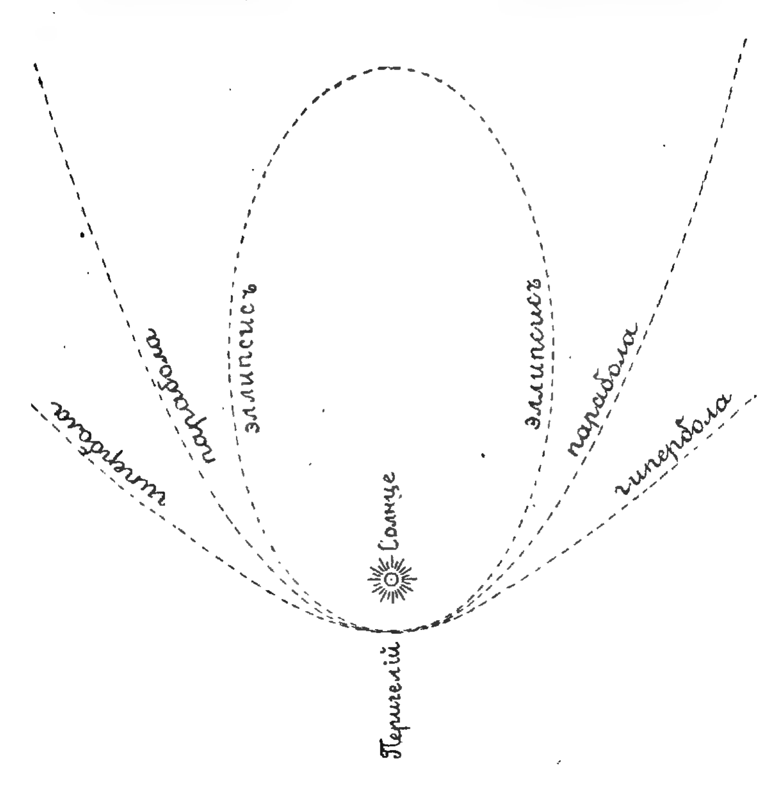



Рис. 90. Эллипс, парабола и гипербола.

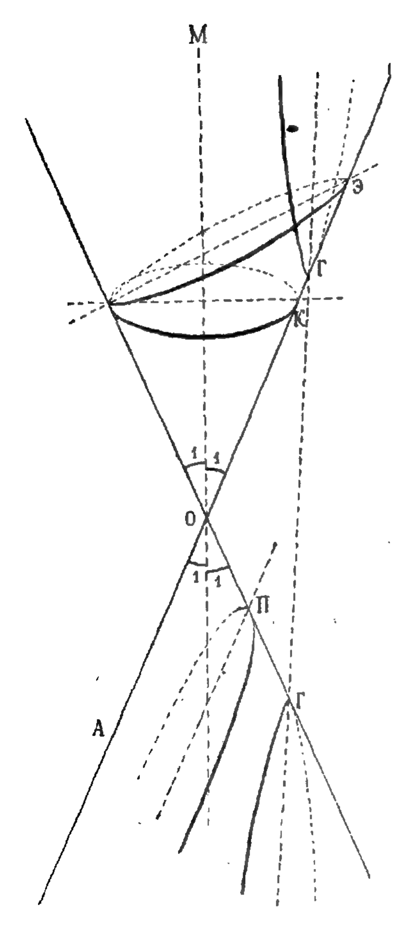



Рис. 91. Конические сечения.

на поверхности конуса получатся две прямые, как *ОА* и *ОПГ*, пересекающиеся в точке *О*. У каждой из кривых, эллипса, параболы и гиперболы, есть точка, обладающая следующим свойством: при движении планет и комет по этим кривым прямые, соединяющие планету или комету с Солнцем, в равные времена проходят равные площади, это—второй закон Кеплера (см. беседу III, стр. 182—3). Эта точка называется фокусом, и Солнце всегда находится в фокусе каждой из трех кривых.

По какой из трех кривых будет двигаться тело, подчиненное в

своем движении закону тяготения, зависит от того, какова скорость его движения сравнительно с его расстоянием от Солнца. Ньютон доказал следующее: если на известном расстоянии от Солнца вообразить планету, движущуюся равномерно по кругу (согласно с третьим законом Кеплера, см. стр. 184), и вычислить скорость ее движения, то всякое тело, которого скорость на том же самом расстоянии больше круговой скорости на 41 сотую ее долю, опишет вокруг Солнца параболу. Например, Земля описывает почти круговую орбиту и движется со скоростью 28 верст в секунду. Если бы Земля увеличила свою скорость на $^{41}/_{100}$ долю, т.-е. до 40 верст в секунду, то она стала бы двигаться по параболе и не вернулась бы к Солнцу. Наблюдения показали, что большинство известных комет имело при ближайшем положении к Солнцу (в перигелии) расстояние меньшее, чем расстояние Земли от Солнца, и лишь немногие кометы имели в перигелии большее, чем Земля, расстояние. Скорости их были различны. Но редко случалось, чтобы скорость кометы значительно превосходила указанную выше предельную скорость; большею частью скорость была ниже этой скорости или превосходила ее лишь весьма незначительно. Поэтому только о немногих кометах можно думать, что они приходят к нам из междузвездных пространств, двигаясь по параболам и гиперболам. Большинство комет описывают или должны были бы описывать удлиненные эллипсы, если бы осо-

бенные причины иногда не мешали этому. Времена обращений комет вокруг Солнца должны быть признаны весьма значительными (до нескольких тысяч лет), а размеры их орбит громадными, так что в наибольшем своем удалении от Солнца (в афелии) кометы, вероятно, заходят в сотни и тысячи раз дальше орбиты Нептуна и движутся там с малою скоростью, тогда как в перигелии эта скорость может достигать нескольких сотен верст в секунду.

Отсюда видно, как трудно после однократного наблюдения кометы сказать, вернется она к Солнцу или нет, т.-е. есть ли она член нашей солнечной системы, или она двигалась из междузвездных пространств и опять удалится туда же. Так, например, комета Донати двигалась почти по параболе, и если она вернется к Солнцу, то не ранее, чем через 1.800—2.000 лет. Трудность решить такой вопрос увеличивается еще тем, что, проходя вблизи больших планет, кометы иногда испытывают такие глубокие изменения в своем движении, что орбита их делается почти неузнаваемой.

Однако, существуют и несомненно периодические кометы, т.-е. такие, возвращение которых к Солнцу уже наблюдалось хотя бы однажды или должно наступить несомненно. Таких комет—несомненных членов нашей солнечной системы—известно до 30, при чем возвращение наблюдалось для половины их. В истории астрономии из периодических комет особенно интересна комета Галлея, названная по имени

английского астронома (1656 — 1742 г.г.), друга Ньютона: Галлей вычислил ее орбиту при появлении кометы в 1682 году. Орбита оказалась очень растянутым эллипсом; в перигелии комета приближается к Солнцу на расстояние, равное $^3/_5$ расстояния Земли; афелий же ее находится дальше Урана (около 20 земных расстояний). Время полного оборота Галлей оценил в 75 — 77 лет. Галлей произвел затем тщательные исторические изыскания и нашел, что, если отсчитывать от 1682 года назад по 75 — 77 лет, то окажется, что во многие из получаемых годов наблюдалась яркая комета. Так было, например, около 1607 года, когда комету наблюдал Кеплер, и в 1531 году; в 1456 году именно Галлееву комету заклинал римский папа. На основании этого Галлей предсказал появление кометы в 1758 году. Она, действительно, появилась, но, как заранее предсказал знаменитый французский математик того времени Клэро (1713 — 1765 г.г.), запоздала на несколько месяцев и прошла через перигелий в марте 1759 года. Запоздание произошло вследствие притягательного, отклоняющего действия планет Юпитера и Сатурна. Появление кометы Галлея в 1835 году также было вычислено заранее, и предсказание оправдалось с ошибкою всего в 3 дня, то же случилось и при возвращении Галлеевой кометы к Солнцу в 1910 году. Из других периодических комет замечательна комета Энке, открытая в 1786 году. Ее периодичность доказал немецкий астроном Энке в 1818 году. Эта комета пред-

ставляет собою небольшую туманность, лишена хвоста и обращается в $3^1/_4$ года по эллипсу, афелий которого лежит почти у орбиты Сатурна. Ее движение замечательно тем, что она с каждым оборотом приближается к Солнцу и описывает спиральную линию. Энке приписывает такое уменьшение расстояния кометы от Солнца действию какой-то тончайшей сопротивляющейся среды, наполняющей междупланетное (и междузвездное) пространство. Однако, дальнейшие исследования ее движения, произведенные в особенности Баклундом, бывшим директором Пулковской обсерватории, показали, что движение это более сложно, и вопрос о причине неправильностей в ее движении не может считаться решонным. Вообще вычислить путь кометы точно — весьма затруднительно. Вещество комет, как увидим, так разрежено, и вес их (масса) так мал, что планеты оказывают сильное на них влияние и своим притяжением могут значительно изменить форму и размеры их орбит.

Что же такое комета? Прежде думали, что комета — сплошное твердое тело, и сулили от столкновения Земли с кометой всякие несчастия, даже „кончину мира“, но теперь все больше и больше убеждаются, что вещество кометы находится в крайне разреженном состоянии, и потому столкновение с нею никакой серьезной опасности не представляет. Вот какие наблюдения убеждают в этом:

Проходя возле планет, кометы не оказывают на их движение ровно никакого влияния. Напротив того,

планеты чрезвычайно сильно изменяют пути движения комет. Например, комета, открытая в 1770 году Лекселлем, по его вычислениям, была периодической и должна была вернуться к Солнцу в 1779 году. Но она прошла близко от Юпитера, и последний своим притяжением, повидимому, настолько увеличил ее скорость, что ее орбита превратилась в параболу; комета больше не наблюдалась и, вероятно, навсегда выброшена из нашей солнечной системы. Наоборот, в 1889 году американец Брукс открыл яркую комету с коротким периодом обращения. Возник вопрос, почему ее не наблюдали раньше? Оказалось, что в 1886 году эта комета, двигавшаяся, вероятно, по очень растянутой орбите, а может быть, шедшая даже из междузвездного пространства, была как бы захвачена притяжением Юпитера; она уменьшила скорость своего движения и стала членом нашей солнечной системы. Таких случаев захвата комет Юпитером было несколько. Комета Лекселля также была захвачена притяжением гигантской планеты. Все это доказывает, что количества вещества в кометах, массы их, очень незначительны; а так как размеры комет велики, то отсюда и видно, что вещество комет должно быть в очень разреженном состоянии. Вследствие этого даже вид кометы может измениться так, что мы ее не узнаем при ее возвращении к Солнцу. Укажем еще несколько фактов. Когда комета при своем движении закрывает от нас звезды, то последние даже через ядро кометы бывают видны так, как будто

бы между нами и ими ничего не было. А это значит, что вещество кометы гораздо более разрежено, чем капли воды в наших туманах и облаках: сквозь туман и облака не бывает видно звезд. Далее, ядро яркой кометы 1882 года на глазах астрономов разложилось на несколько ядер, а когда ядро прошло перед Солнцем (по диску Солнца), то на Солнце ничего не было видно. То же случилось в мае 1910 г. при прохождении Галлеевой кометы перед Солнцем. Если бы ядро было сплошным телом, то его наблюдали бы на солнечном диске в виде темного пятна. Значит, лучи Солнца свободно проходят через ядро, и оно не сплошное.

Несколько раз астрономы наблюдали прямо распадение комет на части. Так, упомянутая выше комета Брукса 1889 года распалась на 3 части (рис. 92). Самый замечательный пример такого рода представила комета Биелы. Ее наблюдали в 1772 и 1805 годах, но не знали, что она периодическая. Только в 1826 году вычислили ее орбиту и нашли время обращения в $6^2/_3$ лет. Когда ее снова увидели, после трех оборотов, в 1846 году, то оказалось, что она разложилась на две отдельных кометы (рис. 93). В 1852 году две части кометы еще более отдалились друг от друга, и больше комету уже не наблюдали. Она исчезла, разложилась совершенно. Как мы увидим несколько дальше, она превратилась в поток метеоритов, т.-е. в кучу маленьких тел, движущихся по тому же пути, как и комета. Эти тельца произвели в 1872 и

1885 годах (около 27 ноября) великолепные „звездные дожди“, о которых будет сказано дальше.

Таким образом несомненно, что кометное вещество состоит из небольших частиц, довольно сильно разре-




Рис. 92. Комета Брукса.

женных, т.-е. удаленных друг от друга. Вначале эти небольшие тельца (вероятно, вообще не крупнее песчинок или мелкой гальки, за немногими исключениями) держатся довольно сплоченной массой, но потом постепенно расходятся, рассеиваются по орбите. Как может происходить это рассеяние, также будет еще разъяснено

дальше. Теперь же мы должны решить вопрос, как и почему образуется у кометы хвост. Тогда нам станут яснее строение кометы и самая возможность ее постепенного разложения.

Хвост, как мы видели, всегда направлен в сторону,

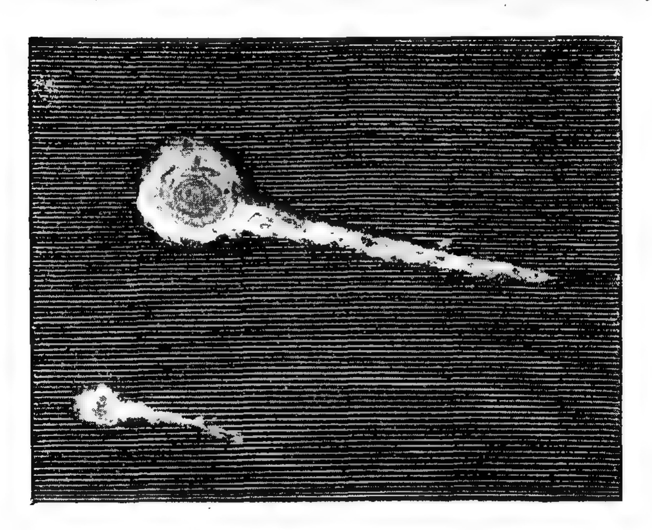


Рис. 93. Комета Биелы.

противоположную той, где находится Солнце, и вначале направляется вдоль линии, соединяющей комету с Солнцем (рис. 89). Уже это одно наводит на мысль, что вещество кометы *гонится в хвост* какою-то отталкивательной силой, заключенной в Солнце. Эту мысль высказал в первый раз немецкий астроном

Бессель, а затем широко и полно разработал знаменитый русский астроном, академик Ф. А. Бредихин (1831—1904). По теории Бредихина отталкивательная сила Солнца должна действовать на комету

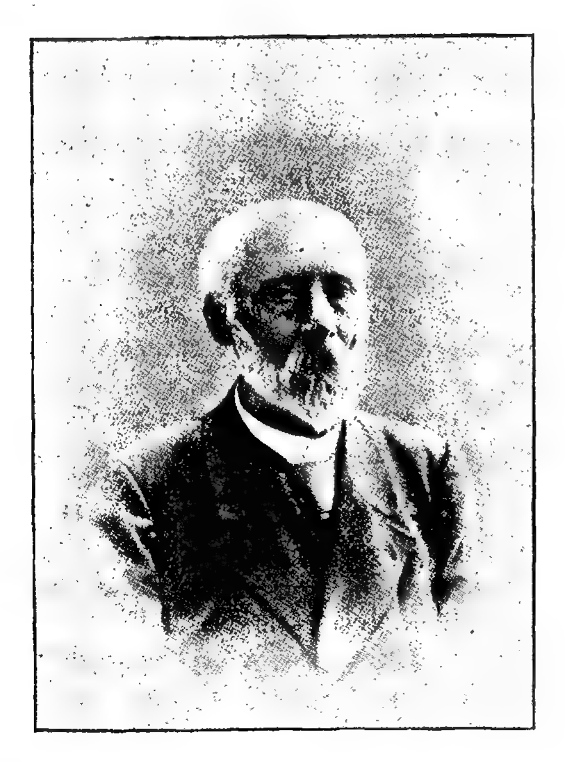


Рис. 94. Ф. А. Бредихин.

тем сильнее, чем легче вещество кометы и чем комета ближе к Солнцу. Поэтому самые длинные и прямые хвосты должны быть у комет, состоящих из наиболее легкого вещества, самые короткие и искривленные у комет, состоящих из наиболее тяжелого вещества. Так оно и оказалось. Спектральные исследования (см. беседу III, стр. 111) показали, что спектр комет отчасти сплошной, такой, как у Солнца, но, кроме того, содержит еще ряд линий и полос, среди которых выделяются три особенные полосы, принадлежащие углеводородному газу. Такие полосы можно видеть, если рассматривать в спектроскоп синюю часть пламени обыкновенной стеариновой свечи. Отсюда видно, что комета содержит, во-первых, твердое вещество, которое отражает солнечные лучи, во-вторых, газообразное вещество, которое развивается не сразу, но лишь с приближением кометы к Солнцу.

Если комета содержит вещества различной плотности, то должно получиться несколько хвостов различной формы и величины. Таковы, вероятно, были комета Донати и замечательная комета Шезо (1744 года) с шестью хвостами (рис. 95).

По Бредихину хвост образуется так. — Комета приближается постепенно к Солнцу, и составные части ее подвергаются сильному нагреванию солнечных лучей. Вещество кометы начинает выделять пары и газы, как бы „испаряться“. Вначале эти пары направляются к Солнцу и образуют веерообразные короткие хвосты

(под влиянием тяготения к Солнцу). Но затем отталкивательная сила Солнца пересиливает это движение к Солнцу, и пары отбрасываются в настоящий хвост кометы, который обволакивает ее голову и имеет форму полого тела (вроде искривленного конуса).



Рис. 95. Комета Шезо.

Газы и пары, гонимые отталкивательной силой Солнца, могут увлекать с собою и мельчайшие твердые частички, как теплый воздух из печной трубы увлекает частички угля (сажу).

Что же это за отталкивательная сила, которую наряду с притягательной силой приходится приписать Солнцу? Об этом еще ничего определенного неизвестно.

Прежде думали, что сила эта — электрического характера. Но теперь склоняются к мысли, гениально отгаданной триста лет тому назад великим астрономом Кеплером (см. стр. 175). Кеплер полагал, что хвост кометы гонится от Солнца просто силою солнечных лучей, пронизывающих ядро кометы. В новейшее время теории некоторых физиков (главным образом англичанина Максвелля) и некоторые опыты (например, русского профессора Лебедева) показали, что солнечные лучи, действительно, обладают силой, способной толкать легкое вещество, вроде газов в хвосте кометы. Поэтому солнечный луч должен обладать силой давления, способной двигать легчайшие тела. Быть может, эта сила давления солнечных лучей служит причиной не только образования кометных хвостов, но и еще некоторых, пока загадочных явлений в нашей солнечной системе. Такова, может быть, причина солнечной короны (см. стр. 104—6), а также особенных, еще необъясненных явлений — зодиакального света и отблеска. Последний виден иногда против Солнца на небе, когда Солнце уже скрылось под горизонт, и при этом небо ясно, нет Луны и отблеск не падает на Млечный путь (см. стр. 290). Зодиакальный свет — очень слабое, мягкое сияние; оно наблюдается особенно хорошо в тропических странах после заката и перед восходом Солнца (см. рис. 96). Это сияние имеет обыкновенно вид наклонной к горизонту пирамиды. Оно простирается в плоскости эклип-

тики (орбиты Земли) почти до расстояния Земли от Солнца. У нас оно бывает лучше всего видно весною по вечерам (на западе и юго-западе). Причина зодиакального света, может быть, лежит в том, что мельчайшие частички вещества, носящиеся кругом Солнца и



Рис. 96. Зодиакальный свет.

оттолкнутые солнечными лучами, отбрасывают к нам солнечный свет.

Далее мы будем говорить о природе тех твердых частиц, которые, вероятно, входят в состав каждой кометы. Но раньше того нам придется познакомиться с явлением, которое, повидимому, не имеет никакого

отношения к кометам. Это явление — падучая (или падающая) звезда — явление, хорошо знакомое каждому. Падающие звезды можно наблюдать каждую ночь. В час их можно насчитать от 4 до 6 и даже больше, если внимательно оглядывать все небо. Утром их видно больше, чем вечером, осенью больше, чем весною. Причина такой разницы будет объяснена дальше. Теперь же попробуем решить вопрос о том, что такое падающая звезда.

Нетрудно заметить, что никакие звезды на самом деле не падают: все звезды, если справляться со звездною картой, остаются на своих местах. Следовательно, явление падающих звезд производят вовсе не звезды, а какие-то особые тела. Прежде думали, что эти тела зарождаются в воздухе. Но потом оказалось, что движение этих тел обладает такой громадной скоростью (40 и более верст в секунду), что ничего подобного на поверхности земного шара никогда не наблюдается. Далее, иногда эти тела, не успев сгореть в воздухе, достигали земной поверхности; химическое исследование, произведенное знаменитым Лавуазье над одним из таких камней, показало, что в них имеются такие химические соединения, которых не встречали в земной коре. Наконец, явление „звездных дождей“, когда падающие звезды внезапно появляются сотнями тысяч, показали вполне ясно, что тела эти движутся к нам из отдаленнейших междупланетных и даже, вероятно, междузвездных пространств (об этом

еще будет речь впереди). Падающие звезды различаются скоростью своего движения и яркостью. Скорость движения определяется вместе с определением высоты, на которой загораются падающие звезды. Для этого два наблюдателя становятся на расстоянии нескольких десятков верст друг от друга и стараются возможно точно определить направления на одну и ту же падающую звезду в начале и в конце ее видимого полета. Отсюда, зная расстояние между наблюдателями, их относительное положение и время движения звезды, можно определить высоту звезды и скорость движения. Такие измерения показали, что падающие звезды загораются *обыкновенно на высоте* 100 — 200 верст, а скорость их может достигать 40 и более верст в секунду. Принимая в расчет такую *огромную скорость*, которая может еще иногда складываться со скоростью самой Земли (28 верст в секунду), *если тело движется* навстречу Земле, мы поймем причину вспыхивания падающих звезд.

Падающие звезды это — темные тела, которые загораются только при вступлении в земную атмосферу. Вес их, судя по силе развиваемого света, обыкновенно не более $^{1}/_{4}$ золотника. Несмотря на то, что на высоте 100—200 верст земная атмосфера должна быть разрежена, при огромной скорости этих телец она все-таки должна оказывать такое сопротивление их движению, что они сильно раскаляются и начинают светиться ярким светом. Вычисления показали, что температура

при этом может достигнуть 2 — 3 тысяч градусов. Такая температура совершенно достаточна, чтобы расплавить и заставить светиться самое тугоплавкое вещество. Поверхность камней, найденных после разрыва в воздухе так называемых болидов (наиболее крупных падающих звезд), оказалась, действительно, оплавленной вследствие трения об атмосферу и сильно нагретой, тогда как внутренность камня оставалась холодной. По химическому составу камни эти оказались двух родов. Одни из них содержали большое количество почти чистого (с примесью никкеля) железа, другие не содержали его. Все химические элементы были те, какие встречаются в земной коре, но некоторые соединения этих элементов были такие, каких на земле до сих пор не встречали. Будем дальше называть все такие тела общим именем метеоров.

Посмотрим, почему падение метеоров случается то чаще, то реже.

Наблюдения показывают, что скорости и направления движений метеоров весьма разнообразны. Это разнообразие и дает начало разнице в частоте падений их утром и вечером, весною и осенью. На рисунке 97 изображен земной шар, вращающийся вокруг оси по направлению изогнутых стрелок и движущийся в том же самом направлении вокруг Солнца по орбите, которая обозначена пунктиром (точками). Заштрихованная сторона Земли та, где ночь, незаштрихованная—та, где день: в точке *У* у наблюдателя начинается утро, в точке

*В* — вечер. Прямые стрелки обозначают пути метеоров; из последних для простоты рассуждения мы берем только такие, которые движутся параллельно с Землей, т. е. или прямо навстречу ей, или прямо по направлению ее движения. Перед утром наблюдатель движется вокруг земной оси к точке *У*; ясно, что он непременно увидит все метеоры, которые движутся навстречу Земле, а также и те, которых скорость меньше земной скорости и которые Земля догоняет. Наоборот, вечером, двигаясь от точки *В*, наблюдатель совершенно не может видеть встречных метеоров, а из прочих увидит только те, которые догоняют Землю, т. е. скорость которых больше скорости Земли. Ясно, что утром число падений метеоров будет больше, чем вечером. Что касается различной частоты падений осенью и весною, то объяснить это явление уже труднее. Сущность объяснения сводится к следующему. Осенью та точка неба, по направлению к которой движется Земля, стоит выше над горизонтом наблюдателя, чем весною. А число падений, если считать, что метеоры распределены по скоростям и по направлениям движений равномерно, будет, конечно, тем более, чем выше стоит указанная точка над горизонтом.

Иногда величина и сила метеоров бывает так значительна, что, проносясь по воздуху, они освещают все небо, подобно Луне и даже Солнцу. Такие метеоры называются болидами. Скорость их обыкновенно сильно уменьшается вследствие трения об атмосферу, а оторва-

вшиеся от болида частицы образуют позади него огненный след. Вероятно, такие явления и дали повод к древним сказкам об огненных змеях, летавших будто бы по воздуху (рис. 98). Разница в температуре на поверхности и внутри болида бывает так велика, что он иногда разрывается на части с шумом, подобным пушечному выстрелу; например, при падении болида в 1887 году звук слышен был за 100 верст, а за 20

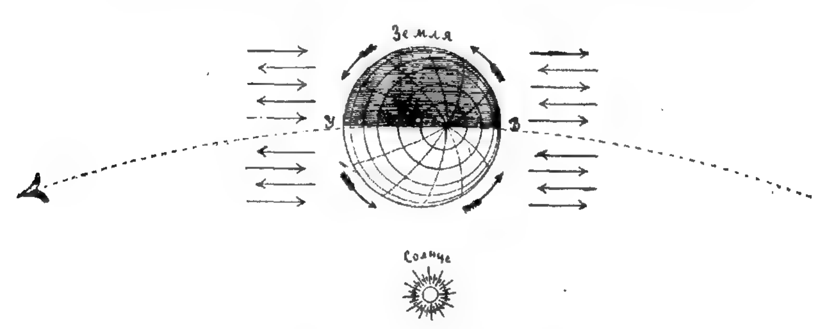



Рис. 97. Земля и метеоры.

верст звенели стекла. При этом иногда на Землю падали камни, которые и были названы аэролитами, т.-е. воздушными камнями. Вообще, если метеор имеет значительную величину и движется так, что не вылетает вон из земной атмосферы, то он может достигнуть земной поверхности, не сгорев до тла в воздухе. Иногда аэролиты падали в большом количестве. Например, в 1868 году в г. Пултуске упало до 100 тысяч камней,



Рис. 98. Болид.

покрывших округ в 14 верст в диаметре. В истории известно до 500 случаев падений „небесных камней“. Особого вреда эти падения не причиняли. Конечно, большинство случаев падения камней, вероятно, осталось неизвестным, так как камни падали вдали от населенных местностей; и теперь иногда находят странные, темные, оплавленные снаружи глыбы, представляющие несомненно упавшие когда-то метеориты. Таков железный аэролит в 42 пуда весом найденный в Сибири путешественником Палласом (в конце XVIII века) и хранящийся в музее Российской Академии Наук. Аэролитом же, вероятно, нужно считать

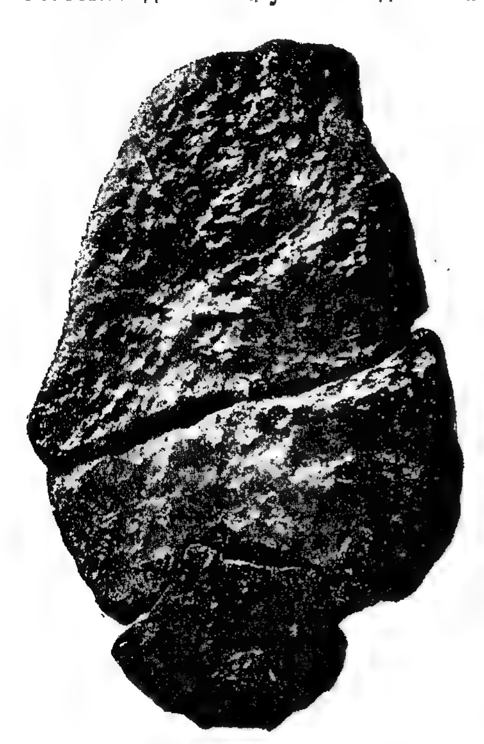


Рис. 99. Метеорное тело.

большой черный камень, которому в Каабе (Мекка) поклоняются мусульмане и который, по их преданиям, был послан с неба Аврааму. Вес таких камней бывает иногда весьма велик, до нескольких сотен пудов. Форма упавших камней всегда весьма неправильная; только та сторона, которою метеорит летел вперед, бывает оплавлена и более округлена (рис. 99).

Таким образом, нужно признать, что, кроме звезд и планет, в междупланетных и междузвездных пространствах движутся мелкие, неправильной формы, большею частью, вероятно, железистые тела. Величина их большею частью не превосходит величины дробинки или даже булавочной головки, и их вполне правильно называют космическою (мировою) пылью; только изредка вес и величина их бывают значительными; но и самые большие из них по сравнению с звездами и планетами являются также не больше, как пылинками.

Самый большой для науки интерес представляют, однако, не отдельные метеоры, а те, которые движутся группами, даже целыми тучами, и которые производят в земной атмосфере великолепнейшее явление „звездных дождей“.

Первое точное описание этого замечательного явления дал Александр Гумбольдт (1769—1859), знаменитый немецкий путешественник и ученый, который наблюдал его в Андах — горах Южной Америки — 12 ноября 1799 года. По его описанию, около 2 часов ночи начался настоящий звездный дождь, похожий на

великолепный громадный фейерверк: падучие звезды тысячами бороздили небосвод во всех местах и по всевозможным направлениям. Дождь продолжался несколько часов. Но Гумбольдт одним описанием дождя и ограничился и не исследовал явления. Только когда звездный дождь, еще более обильный, повторился в 1833 г., стало ясно, что явление это периодическое и повторяется через каждые 33 года. Нового появления дождя ожидали около 1 ноября 1866 года. Дождь наблюдался в 1866 и 1867 годах. К этому времени была найдена и теория явления, которая привела к замечательному астрономическому открытию: была несомненно установлена впоследствии связь между кометами и явлением звездных дождей. Главные черты теории состоят в следующем.

Замечено было, что если мысленно продолжить назад линии, по которым движутся метеоры в звездном дожде, то получается удивительный результат: все пути пересекаются, приблизительно, в одной точке (рис. 101). Для дождя 14 ноября эта точка всегда находится в определенном месте созвездия Льва. Вот почему метеоры, производящие этот звездный дождь, были названы леонидами (по-латински Лев — Лéо). Точка расхождения падающих звезд была названа радиантом. Положение радианта на небе всегда остается одно и то же; оно не зависит от места наблюдателя на земной поверхности. Если бы радиант находился в земной атмосфере, т.-е. близко от поверхности Земли, на вы-

соте вспыхивания звезд, то различным наблюдателям он казался бы в различных точках небосвода. Значит, на самом деле никакого радианта не существует, это — ка-



Рис. 100. Гумбольдт в Андах во время звездного дождя.

жущееся явление. Происходит оно вот почему. На самом деле все метеоры движутся параллельно друг другу, одним потоком. Направление их движения на рис. 102 обозначено стрелками. Когда они

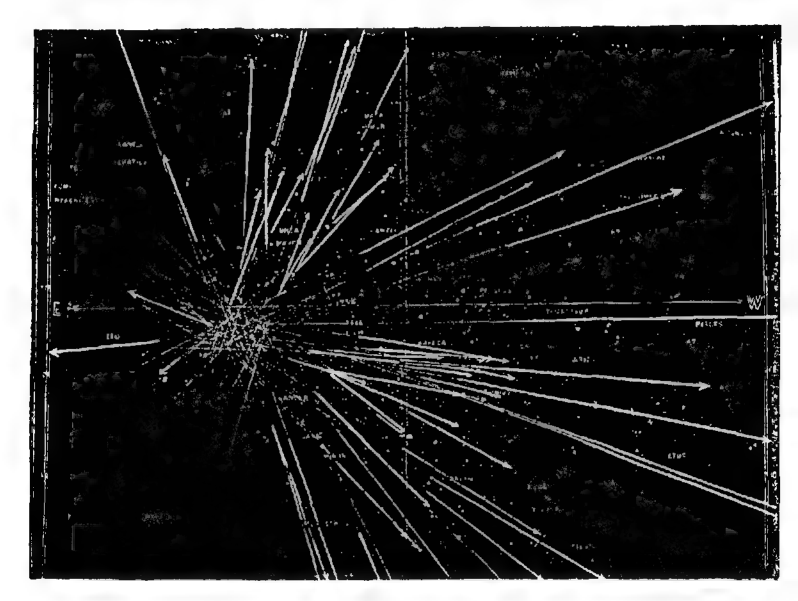



Рис. 101. Радиант.

вступят в слой воздуха $E$, где они загораются и потухают, то наблюдатель $A$ с поверхности Земли увидит яркие следы их движения по воздуху: *аб*, *а′б′*, *а″б″*, *а‴б‴*. Какие бы линии (одинаковые и параллельные) ни описывали метеоры, частицы их путей *аб*, *а′б′*

и т. д. в слое $E$ можно, по малости времени движения, считать *прямыми*, параллельными между собою. Если вообразить затем из точки $A$ прямую $AP$, параллельную *этим* прямым, то в *пересечении* с кажущимся небосводом она и даст точку радианта, из которой будут казаться выходящими следы всех путей $аб$, $а'б'$ и т. д. Эти следы должны казаться сходящимися в одной точке

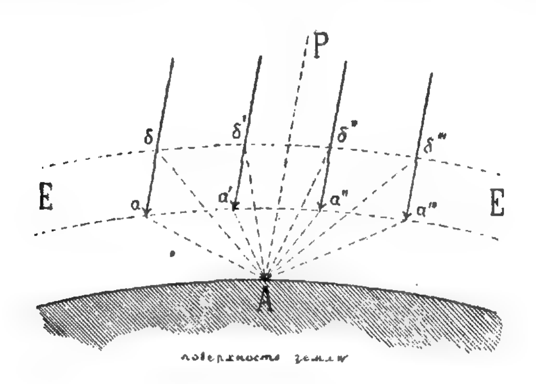



Рис. 102. Объяснение радианта.

вследствие так называемого *перспективного сокращения* (подобно тому, как кажутся сходящимися вдали края длинной прямой аллеи). Зная положение радианта, мы знаем тем самым и направление движения метеоров, составляющих поток. А зная еще скорость движения метеоров, можно далее определить форму, величину и положение в пространстве того пути, по которому они движутся.

Когда французский астроном Леверрье сделал вычисление для потока леонидов, то оказалось, что этот поток движется по огромному растянутому эллипсу, длина которого в 10 слишком раз больше диаметра земной орбиты. Перигелий орбиты леонидов приходится почти на орбите Земли; обе орбиты пересекаются там, где Земля бывает около 14 ноября; в это время она встречает поток, и потому получается явление звездного дождя. Афелий же орбиты леонидов заходит за орбиту Урана (рис. 103). Поток метеоров, составляющий леониды, не распределен вдоль всей орбиты, но скучен главным образом *в одном месте орбиты*, занимая, приблизительно, $^1/_{15}$ часть ее длины. При встрече с Землей метеоры потока имеют скорость до 40 верст в секунду. Несмотря на такую громадную скорость, поток употребляет три года на прохождение через точку встречи с Землей, — так велика длина потока. Вот почему звездный дождь случается три года под ряд, около 14 ноября; а потом он не повторяется в течение 30 лет, так как поток обращается по своей орбите вокруг Солнца в течение $33^1/_4$ лет. Солнце, как всегда, находится в фокусе эллиптической орбиты; движение потока обратное (движению Земли), а плоскость орбиты леонидов наклонена к плоскости орбиты Земли (к эклиптике) на $17^3/_4$ градусов.

Поток леонидов принадлежит к роду густых, скученных потоков, которые дают обильные звездные дожди, но только через известные длинные

промежутки времени. Есть еще иные потоки, которые дают не обильные звездные дожди, но зато ежегодные. Таков давно известный звездный дождь, ежегодно повторяющийся в начале августа (обильнее всего 10—12 августа). Он называется дождем персеидов, так как радиант его находится в созвездии Персея. Афелий орбиты персеидов заходит, самое меньшее, в полтора раза дальше орбиты Нептуна (45 земных расстояний). Движение персеидов обратное. Наклон орбиты к эклиптике 63 градуса. Время полного оборота метеоров, составляющих поток, а потому и величина орбиты их с точностью не определены. Возможны два числа: 108 и $121^1/_2$ лет. Метеоры распределены по всей орбите довольно равномерно. Поэтому ежегодно в точке пересечения орбиты персеидов с орбитой Земли около 11 августа наступает звездный дождь (в католических землях он называется слезами св. Лаврентия в честь святого, память которого празднуют около этого времени).

Кроме леонидов и персеидов, известно еще несколько подобных же потоков, но менее замечательных по числу падающих звезд. Из них наиболее обильны: лириды, падающие между 19—30 апреля, с радиантом в созвездии Лиры; аквариды—в начале мая (радиант в созвездии Водолея); ориониды—около 18—20 октября (радиант в созвездии Ориона); геминиды—около 10—12 декабря (радиант в созвездии Близнецов); андромедиды или биелиды—около 27 ноября

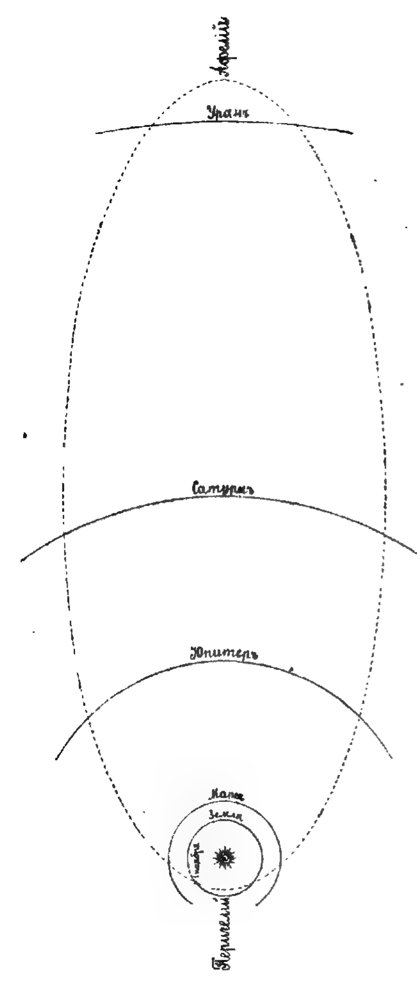



Рис. 103. Орбита леонидов.

(радиант в созвездии Андромеды). О созвездиях этих см. беседу V, стр. 283—290, а также звездную карту.

Особенную важность для более полного понимания природы комет и потоков метеоров имело открытие, сделанное итальянским астрономом **Скиапарелли** в 1866 году. Сравнивая орбиту потока леонидов с орбитой кометы 1866 года, Скиапарелли обнаружил почти полное сходство этих орбит: величина, форма и положение орбиты, направление движения и время оборота кометы — все совершенно сходилось с теми же элементами в орбите леонидов. Комета шла только несколько впереди глав-

ной массы потока и раньше ее прошла через свой перигелий. Подобное же, но меньшее сходство обнаружилось в орбите кометы 1862 года с орбитой потока персеидов. Еще более несомненной стала эта неожиданная связь двух отдаленных и непохожих друг на друга явлений — маленькой падучей звезды и громадной кометы,— когда на глазах астрономов комета Биелы превратилась в поток метеоров, производящий звездный дождь через каждые 13 лет около 27 ноября. Было уже сказано, что комету Биелы последний раз наблюдали в 1852 году. Астрономы аккуратно вычисляли, где ее нужно было искать при последующих приближениях ее к Солнцу в 1859, 1866 и 1872 годах, но ее не было видно; в 1872 г. 27 ноября должно было, по этим вычислениям, произойти исключительно близкое



Рис. 104. Скиапарелли.

прохождение кометы мимо Земли, быть может, даже столкновение кометы с Землей. Кометы и на этот раз не видали, но в этот именно день наблюдался чрезвычайно обильный дождь падающих звезд. Радиант их находился в созвездии Андромеды, и метеоры потока двигались по орбите исчезнувшей кометы Биелы. Так как время оборота кометы Биелы содержит неполное число лет ($6^2/_3$), то звездный дождь мог повториться только при втором обращении в 1885 году, когда Земля опять встретила 27 ноября значительную массу метеоров. Звездный дождь в 1885 году наблюдался также очень обильный. Таким образом была установлена несомненная связь между потоками метеоров и кометами, и с этих пор можно было считать, что потоки метеоров происходят от разложения комет.

Но почему комета разлагается? Ход постепенного разложения кометы мы можем представить себе так (рис. 105). Масса небольших телец *а о б* движется вокруг солнца по очень растянутому эллипсу. Тельца эти удерживаются друг около друга взаимным протяжением, но настолько удалены друг от друга, что это не мешает им описывать самостоятельные орбиты (по законам Кеплера, см. стр. 181—184). По законам Кеплера, частицы, более близкие к Солнцу, должны двигаться с большею скоростью. Поэтому какое-нибудь тельце *а* постепенно уйдет вперед от тельца *о*, находящегося в середине массы метеоров, а тельце *б*, наоборот, от тельца *о* отстанет. Таким образом, скопище метеоров примет по-

степенно все более и более растянутые формы, $a'б'$, $a''б''$, $a'''б'''$. При повторении оборотов вокруг Солнца разложение все усиливается и масса метеоров может понемногу равномерно растянуться по всей орбите, превратиться в поток отдельно движущихся, как бы разъединенных телец и может производить уже только явления звездного дождя. Однако, иногда по той же орбите еще продолжает двигаться часть этих метеоров, достаточно сплоченных, чтобы образовать ядро кометы. Кометы, если согласиться с этой теорией, должны постепенно терять свое вещество; и если эти потери окажутся значительными, то кометы должны становиться менее яркими и терять способность образовывать яркий хвост.

Отсюда видно, что потоки, дающие необильные дожди, но ежегодно повторяющиеся, могут считаться более старыми, т.-е. совершившими большее количество оборотов, чем потоки, дающие обильные, но редкие дожди. Поток леонидов, например, можно считать менее старым, чем поток персеидов. Исследования Леверрье по этому поводу показали, что поток леонидов мог быть введен в нашу солнечную систему притяжением Урана, близко от которого он прошел в 126 году нашей эры. По мнению Леверрье, поток двигался (прямолинейно) из междузвездного пространства, но под влиянием Урана был отклонен от своего первоначального движения и сделался членом нашей солнечной системы. Впрочем, при суждении о подоб-

ного рода вопросах нельзя не соблюдать осторожности. Исследования орбит, как потоков, так и комет, далеко не легки, и возмущающее действие планет часто совершенно изменяет их орбиты. Уже дожди леонидов и андромедидов, которых ожидали в 1899 и 1898 годах, были, к удивлению астрономов, вовсе не обильны. При-

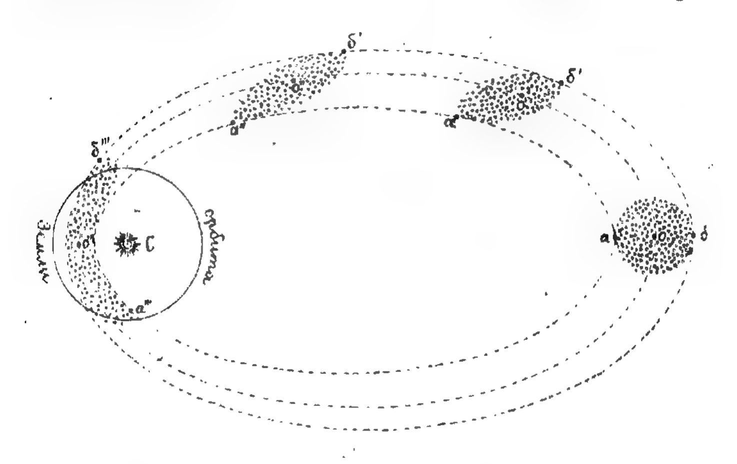



Рис. 105. Разложение кометы.

чину этого приписали отклоняющему действию больших планет, изменившему пути этих потоков так, что орбиты потоков изменили свое положение и форму, и потому Земля в ожидаемый день не встретила главной массы метеоров; эта масса прошла мимо Земли. Дальнейшие наблюдения и вычисления покажут, вероятно, насколько правильно такое предположение.

Самые наблюдения движения потоков и вообще падающих звезд крайне просты, и даже наблюдатель-любитель астрономии, научившись тщательно и осторожно производить наблюдения, может добыть ценные данные для исследования движения метеоров. Наблюдения сводятся: 1) к оценке яркости метеора; 2) к счету метеоров, составляющих поток, в течение известного промежутка времени (для этого указываются определенные дни и место радианта); 3) к определению по звездной карте места появления и исчезновения метеора и, наконец, 4) к определению положения радианта. Более опытные наблюдатели при помощи простых инструментов и вычислений могут определить высоту появления метеора и скорость его полета. Подробную инструкцию к наблюдениям падающих звезд читатели найдут в „Русском Астрономическом Календаре“, постоянная часть (издание Кружка Любителей Физики и Астрономии в Нижнем-Новгороде). В разработке теории метеорных потоков и связи их с кометами особенно выдаются труды покойного русского академика Ф. А. Бредихина.

Из всего сказанного выше о кометах и потоках метеоров можно сделать следующие общие выводы.

В нашей планетной системе в различных направлениях и под всевозможными углами к общей плоскости движения планет (к эклиптике) движется множество метеоров — небольших тел, большею частью железистого состава; движутся они чаще всего целыми роями,

в которых заключаются миллиарды этих маленьких тел, подобно тучам песку или пыли. Орбиты этих туч „космической пыли“ представляют собою весьма растянутые, сильно сплющенные эллипсы громадных нередко размеров. Солнце находится в фокусе этих эллипсов, и движение метеоров подчиняется, как и движение планет, закону всеобщего тяготения. В наибольшем своем удалении от Солнца они могут быть в сотни раз дальше самой крайней известной нам планеты (Нептуна), расстояние которой от Солнца содержит свыше 4.200 тысяч верст. В таких случаях время оборота роя метеоров вокруг Солнца измеряется тысячами лет. По последним исследованиям несомненно, что существуют отдельные метеоры, приходящие в область нашей планетной системы также из междузвездных пространств. Двигаясь вдали от нашей системы прямолинейно и равномерно, эти тела попадают иногда „в сферу притягательного действия“ планет и Солнца. Притяжение отклоняет их от прежнего прямолинейного движения, изменяет направление и скорость движения, и тогда метеоры начинают описывать вокруг Солнца (вероятно, также и вокруг планет) растянутые эллипсы или параболы, смотря по величине скорости движения. В первом случае отдельные метеоры или потоки метеоров становятся членами нашей солнечной системы, если только возмущающее действие планет современем снова не выбросит их из нашей системы, увеличив скорость их движения. Во втором случае,

обогнув Солнце или (планету), метеоры снова уносятся в бездны пространства, снова движутся там неопределенно долгое время, пока, через миллионы лет, не встретят на своем пути другого солнца, другой планетной системы. Встречаясь же с Землей, метеоры притягиваются ею, сильно раскаляются вследствие трения об атмосферу и производят явления падучих звезд и звездных дождей; самые крупные из метеоров иногда не успевают сгореть и достигают земной поверхности (аэролиты). Химический состав этих тел не опровергает их принадлежности к нашей планетной системе, так как все химические элементы в них те же, что и в земной коре. Поэтому есть полное основание предполагать, что метеорные тела, производящие явления комет и падающих звезд, суть не что иное, как мельчайшие остатки от той постепенно, миллионы лет сгущавшейся туманности, из которой, по всем вероятиям, произошли наше Солнце, Земля и планеты (см. беседу III, стр. 223—4, а также беседу VI). Это те именно частицы первичной огромной туманности, которые не вошли в состав Солнца и планет. Очень вероятно, что все метеоры, существующие в глубинах пространства, принадлежат различным планетным системам и большею частью движутся внутри этих систем вокруг центральных светил — звезд. И только выброшенные из таких систем возмущающей силой планет, метеоры отправляются в далекое самостоятельное путешествие по неизмеримым мировым пространствам,

пока не встретят на своем пути притягательного действия других солнц, других планетных систем. Но возможно также, что в междузвездных пространствах движутся и вполне самостоятельные метеориты, не принадлежавшие никогда к какой-либо планетной системе.

Что касается опасности встречи подобных тел с Землей, то наука совершенно рассеяла на этот счет пугающие и теперь еще многих опасения. В 1861 году Земля несомненно прошла сквозь хвост кометы, и это решительно не сопровождалось никакими, чем-либо заметными явлениями. Самое большое, что может случиться, это — великолепный звездный дождь. Земной шар ежедневно, ежечасно бомбардируется ударами частиц этой ничтожной в сравнении с ним „космической пыли", и его воздушная оболочка служит совершенно достаточным панцырем, чтобы умерить силу почти всех таких ударов. Громадное большинство метеоров сгорает, не успев достигнуть земной поверхности, и исчезает бесследно в пыли и дыму нижних слоев воздуха. Только на девственных снегах высочайших горных хребтов можно найти иногда налет железистой пыли, которая представляет собою, вероятно, как бы золу от сгоревших метеоров. Кроме того, как мы видели, метеоры, может быть, дают начало явлению солнечной короны и зодиакального света.

Таковы выводы науки о явлениях, когда-то пугавших воображение даже более или менее образованных людей, да и теперь еще вызывающих нередко нелепые

предсказания „кончины мира“ от столкновения с кометой (таковы, например, были предсказания Миллера в 1843 году и Фальба по поводу звездного дождя 1899 года, который почти не появился).

И нельзя не дивиться силе человеческого разума, вооруженного точными знаниями, который сумел рассеять суеверную тайну, окружавшую загадочные явления, и перекинуть связующий мост между такими разнородными по внешнему виду предметами, как огромная комета и незначительная падучая звездочка. Наука обнаружила общее происхождение и истинную природу этих явлений, она доказала их полную безопасность для земных обитателей. Нельзя не удивляться силе научного знания, которое позволяет искусному астроному, прилежно работая за своим письменным столом, вычислять пути движения небесных светил и знать в каждое данное мгновение, если не вполне точно, то с значительным приближением, где находится не только каждая планета нашей солнечной системы, но и каждый рой метеоров, путь которого удалось проследить, каждая комета, периодичность которой доказана. Нельзя не преклониться пред могуществом математического способа исследования, позволяющего астроному делать удивительные предсказания о появлении комет и звездных дождей, при чем эти предсказания оправдываются всегда с тою мерою точности, которую устанавливает само математическое исследование вопроса. И точность этих пред-

сказаний будет расти по мере того, как будет увеличиваться число точных и надежных наблюдений, будет совершенствоваться искусство вычисления, будут углубляться наши познания в области механики и математики, — если только, конечно, вычислители и наблюдатели будут относиться к своему делу так же ревностно и осторожно, как великие исследователи природы Галилей, Гюйгенс, Ньютон, Кеплер, а не поверхностно и наспех, как нередко ныне, когда, например, время оборота малой планеты вычисляется до минут и секунд, а потом оказывается, что оно ошибочно на десять и больше дней, даже на месяц.

## V.

## ЗВЕЗДНОЕ НЕБО. ТЕЧЕНИЕ ЗВЕЗД — ВЕЧНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ. СТРОЕНИЕ НАШЕГО ЗЕМНОГО МИРА

Наблюдая вокруг себя каждый день, каждый час, каждое мгновение тысячи перемен, тысячи сменяющихся явлений, мы поневоле должны согласиться с мнением великого древно-греческого мыслителя Гераклита, что все в мире „течет", все движется, все изменяется. И кажется, будто есть только единственная неизменная вещь на свете,. это — звездное небо, эти тысячи мерцающих темною ночью точек, которые кажутся постоянно прикрепленными к голубому небосводу и все вместе представляют картину, поражающую вечным неизменным величием. Если бы великий греческий астроном Гиппарх, творец научной астрономии, мог сбросить оковы смерти и теперь, две тысячи лет спустя, взглянуть на звездное небо, то он не смог бы при помощи своих несовершенных инструментов обнаружить никаких существенных перемен во взаимном положении звезд. Он нашел бы, что небосвод, усеянный звездами, так же плавно и неизменно продолжает свое суточное вращение, как было при нем, и что все звезды остались почти в точности на своих прежних местах. Он увидел бы только, что „ось мира", вокруг которой вращается небосвод, изменила свое направление, и концы

ее находятся далеко не там, где были в его время. Но Гиппарх еще при жизни своей знал, что это и должно будет так случиться: он сам, ведь, и открыл это перемещение концов „оси мира“.

Мы увидим, однако, что неизменность звездного неба только кажущаяся; мы увидим, что с каждым мгновением изменяется положение каждой, вероятно, звезды; мы познакомимся с явлениями, которые доказывают, что и в звездном мире происходят непрерывные изменения, что и там царит своеобразная жизнь, возникают новые звездные миры, стареются и потухают прежние. Но все эти перемены совершаются так медленно, все движения, поражающие своей быстротой, происходят на таких невообразимо громадных расстояниях от нас, что недостаточно двух тысяч лет, чтобы перемещения большинства звезд стали заметны невооруженному глазу. И только по некоторым явлениям (о них будет сказано ниже) можно судить, что звездный мир изменяется даже на наших глазах, хотя мы и не можем этого заметить.

Таким образом, изречение Гераклита справедливо и по отношению к миру звезд. Однако, кажущаяся, как бы вечная неизменность положений звезд была весьма выгодна для развития астрономии. Неизменное положение звезд на небосводе дало возможность уже в древности точно проследить и изучить движение Солнца, Луны и планет, а это в свою очередь помогло решить весьма важные практические задачи и постепенно

создать уже в древности целое учение о движении планет, — учение, правда, неверное в своей основе, но имевшее большое значение для умственного развития человечества (см. беседу III, стр. 146—47). Постепенное усовершенствование этого учения и приводило к все более и более точному решению важных практических задач, основанному на точном знании законов движения небесных светил. Такими важными практическими задачами, важными не только для всех прочих наук, но и для всех людей вообще, были главным образом две задачи: 1) точное измерение времени и установление удобного для обыденной жизни календаря и 2) точное определение положений мест на поверхности земного шара; на решении этой последней задачи основаны черчение географических карт и кораблевождение. Теперь мы, желая узнать, который час, смотрим на свои часы, а если не надеемся на них, то сверяем их с другими, которые считаем верными. Но многие ли из нас знают, сколько времени и усилий потрачено на то, чтобы установить точный счет времени, чтобы точно знать момент, когда именно в данный день верные часы должны показывать 12 ч. дня, чтобы точно указать, в какой день должна начинаться весна, в какой день лето, осень, зима? Каждый из нас хоть несколько раз в жизни пользовался географическою картой (хотя бы по „Железнодорожному путеводителю“). Но многие ли знают, каким образом чертится карта, как на ней нанести различные места,

именно там, где они должны быть, и как трудно научиться это делать. Вот эти-то всем нужные, но мало кому даже приблизительно знакомые задачи и решались в течение многих тысячелетий усердными наблюдателями неба, и решались они именно путем точного изучения движений небесных светил.

Решение этих задач вовсе не было праздным делом и даже вовсе не делом просто любознательных людей. Решить их было необходимо, решение нужно было для настоятельных, чисто практических целей. В те далекие времена более развитые народы жили почти только скотоводством и земледелием. Земледелие было широко распространено, и им главным образом существовали древние государства. А земледельцу непременно нужно знать, когда начинаются весна, лето, осень и зима; он вынужден установить календарь, согласный с течением времен года. Можно поэтому думать, что установление календаря именно и привело к первым важным астрономическим открытиям, что оно и было „колыбелью" астрономической науки. Неудивительно также, что уже у древних вавилонян, китайцев, индусов и других народов были построены обсерватории и появились специалисты-астрономы для того, чтобы постоянно следить за течением звезд, по их движению вести правильный счет времени. Так же поступают и теперь. На специальные астрономические обсерватории возложено дело точной поверки часов, измеряющих время, оттуда подается и сигнал, точно

отмечающий наступление по часам полудня; на специалистов-геодезистов возложена задача точного определения положений мест на земной поверхности и вычерчивания географических карт. Остальные граждане пользуются только плодами этих трудов, уже давно оплачиваемых государственной казной, и обыкновенно, за недосугом деловой жизни, не задают себе даже и вопроса о том, чем полезны и для них эти ученые люди, чем они занимаются — не только для „движения науки вперед“, для более глубокого исследования природы, но и с чисто практическими целями, для всех необходимыми и важными. Между тем было время, когда звезды наблюдались именно для решения этих практических задач (да еще для нелепых гаданий о судьбе людей), и когда ровно ничего нельзя было ответить на вопрос, что такое звезда, когда вовсе не знали, что звезды — солнца, находящиеся от нас на огромных расстояниях. И мы также начнем беседу не с вопроса о природе звезд, а с вопроса об изучении их взаимных положений и видимого движения, — с вопроса о том, как решают в астрономии названные выше практические задачи. Ведь нельзя не считать странным, что большинство даже довольно образованных людей, справляясь с часами или географической картой, почти ничего не знают о том, что же собственно показывают их часы, и как наносят на карту места земной поверхности. Познакомившись, хотя бы в общих чертах, с решением этих вопросов, мы затем побеседуем о

природе и строении звездного мира, раскрытых астрономической наукой только в самое последнее время.

Невооруженный глаз на всем небе (в северном и южном полушарии) может различить от 5 до 6 тысяч звезд. В данный же момент над данным горизонтом он различит не больше двух тысяч звезд, так как вблизи горизонта туманная атмосфера скрывает более слабые звезды. Звезды различают прежде всего по „величинам“ или, точнее, по видимым их яркостям. Говорят о самых ярких звездах, что они — первой величины, менее яркие — второй, еще менее яркие — третьей и т. д., хотя следовало бы говорить не о величине, а о яркости. О величине звезд мы большею частью ничего не можем сказать; самая яркая звезда в самый сильный телескоп кажется такой же светящейся точкой, как и самая слабая; и самая слабая звезда может быть на самом деле гораздо большей величины, чем звезда „первой величины“, но казаться слабой только потому, что расстояние ее от нас более значительно. Невооруженным глазом установили шесть величин, т. е. шесть степеней яркости. Когда был изобретен и усовершенствован телескоп, то число этих степеней увеличилось до 14 и даже до 18, вместе с числом видимых звезд. Считают 18 звезд первой величины, 60 второй, 170 третьей, 400 четвертой, 1.100 пятой, 4.000 шестой. Но уже звезд 14-й величины оказывается до 50 миллионов, а число всех звезд, видимых в самый сильный телескоп, нужно считать в 2—3 миллиарда. И все-таки

громадного числа звезд (например, в Млечном пути) не различают и самые сильные телескопы. Измерение силы света звезд показало, что звезда данной величины в $2^1/_2$ раза ярче звезды следующей низшей величины.

Чтобы разобраться в взаимном положении тысяч звезд, их уже в глубокой древности соединили в группы, в отдельные созвездия; этим созвездиям дали различные имена, большею частью по неизвестным уже теперь причинам. Древними именами пользуются и до сих пор. Чтобы сколько-нибудь понять, как еще в древности были решены важнейшие практические задачи астрономии, необходимо, хотя бы бегло, познакомиться со звездною картой и по ней научиться различать и разыскивать созвездия. Карта звездного неба северного полушария приложена к этим страницам.

Научиться отыскивать созвездия проще всего по созвездию Большой Медведицы, которое знакомо почти каждому. Оно состоит из семи крупных звезд (второй величины, за исключением одной) и видом своим напоминает ковш, для которого четыре звезды четыреугольника служат черпаком, а три остальные — ручкой. На карте созвездие расположено так, как оно видно в полночь около 10/23 сентября. Главные звезды Большой Медведицы обозначены на карте греческими буквами: альфа ($\alpha$), бета ($\beta$), гамма ($\gamma$), дельта ($\delta$), эпсилон ($\varepsilon$), дзета ($\zeta$) и эта ($\eta$). По этим семи звездам Большой Медведицы и можно отыскать

ряд других созвездий. Проведем прямую линию (на небосводе это будет, конечно, дуга большого круга) от звезды β к α и продолжим ее на пятерное такое же расстояние, как от β до α. Мы подойдем близко к весьма важной для нас Полярной звезде. Это звезда второй величины, самая яркая (α) в созвездии Малой Медведицы. Созвездие это похоже на Большую Медведицу, но расположено обратно и содержит только две звезды второй величины, одну — третьей, остальные ниже третьей. Полярная звезда важна тем, что возле нее находится северный полюс мира, — точка, вокруг которой видимо вращается весь небесный свод. Проследим за звездами Большой Медведицы некоторое время, часа два—три. Мы увидим, что звезды ее описывают дуги кругов, у которых центр один и тот же (см. рис. 106, стр. 291). Следя за другими звездами, мы увидим, что и они описывают подобные же круги. Чем ближе мы подходим к Полярной звезде, тем круги становятся меньше, тем движение по ним медленнее. Наконец, мы ясно убеждаемся, что существует вблизи Полярной точка, которая в течение всех суток остается неподвижной и служит общим центром для всех движений. Эта точка и есть северный полюс мира. Полярная так близка к полюсу и движется так медленно, что кажется почти неподвижной и может служить для приблизительного обозначения северного полюса мира. Индейцы Северной Америки хорошо знают Полярную звезду. Она служит им во

время охотничьих путешествий для отыскивания дороги: почти прямо под нею на горизонте находится **точка севера**. Пойдем теперь дальше. Линия, идущая от ζ (средней в ручке ковша или в хвосте Большой Медведицы) к Полярной, попадает в середину прекрасного созвездия **Кассиопеи** (*см. также рис. 105*), состоящего из 5 главных звезд второй величины, расположенных в виде растянутой буквы *м*. Линия, проходящая от Полярной через крайнюю слева звезду Кассиопеи (β), встречает две звезды созвездия **Пегаса** (γ и δ), которые образуют два угла широкого четыреугольника (почти квадрата). Эти четыре звезды второй величины и составляют созвездие, при чем две из них (α и β) лежат почти на линии βα Большой Медведицы (так же, как и Полярная). Линия, идущая от полюса мира через δ и γ Пегаса, очень важна: она как бы начинает весною смену времен года. Когда солнце в своем видимом годовой движении около 21 марта пересекает эту линию, наступает весеннее **равноденствие**. Линия эта называется **колюром равноденствий**. Линия от Полярной к правой крайней звезде Кассиопеи (ε) почти встречает звезду γ в созвездии **Андромеды**. К этому созвездию принадлежит одна из звезд четыреугольника Пегаса (δ) и обозначается в Андромеде уже буквой α и еще одна звезда между названными α и γ. Все три звезды лежат почти на одной прямой линии. Дальше на продолжении той же линии от Полярной к ε Кассиопеи лежит золотисто-желтая

звезда второй величины, $\alpha$ из созвездия Овна, к которому относятся еще две менее яркие звездочки (третьей величины). Еще дальше та же линия встречает созвездие Кита. Линия от $\gamma$ к $\alpha$ Большой Медведицы встречает главную звезду ($\alpha$) в созвездии Персея (второй величины); здесь можно видеть рядом еще три звезды третьей величины, лежащие почти на линии звезд $\beta$ и $\alpha$ Кассиопеи, и в стороне от них белую звезду ($\beta$) второй величины или Альголь; Альголь находится почти на линии, соединяющей Полярную и $\alpha$ Персея. Альголь, Андромеда и четыреугольник Пегаса составляют 7 звезд второй величины, которые расположением напоминают Большую Медведицу. Между Андромедой, Овном и Пегасом тянется ряд мелких звездочек из созвездия Рыб. Линия этих звездочек затем поворачивает под острым углом (и пересекает колюр равноденствий), так что вместе оба ряда звездочек образуют широко расставленную римскую цифру V. Линия от Полярной к крайним справа (восточным) звездам Персея встречает известную, вероятно, большинству читателей группу маленьких звездочек, называемую у астрономов Плеядами, а в просторечии Утиным гнездом или Стожарами. Эта красивая група, в которой можно различить невооруженным глазом от 6 до 8 звезд, принадлежит к созвездию Тельца. Главная звезда ($\alpha$) Тельца Альдебаран (первой величины, красноватого цвета) лежит почти на линии от $\delta$ к $\alpha$ Большой Медведицы. Линия от $\delta$ к $\beta$ Боль-

шой Медведицы почти встречает главную звезду ($\beta$) или Поллукс первой величины (желтого цвета) в созвездии Близнецов. К этому же созвездию относится другая звезда ($\alpha$), также желтая, почти первой величины — Кастор. Между Близнецами и Персеем находится созвездие Возничего; самую яркую, прекрасную желтоватую звезду этого созвездия ($\alpha$), или Капеллу (Козочку), можно найти так: линию $\beta\alpha$ Большой Медведицы у Полярной перегнуть почти под прямым углом (вправо); на полученной линии, несколько дальше от Полярной, чем $\beta$ Большой Медведицы, и находится Капелла. Идя через созвездие Возничего от Полярной, встречаем самое красивое созвездие нашего неба Орион; почти на линии Полярная - Капелла лежит голубовато-белая звезда первой величины Ригель, или $\beta$ Ориона; ближе к Возничему другая звезда первой величины ($\alpha$) Бетельгейзе (красного цвета), которая вместе с Альдебараном, Капеллой и Поллуксом составляет почти прямоугольный четыреугольник; между Ригелем и Бетельгейзе видны хорошо три звездочки третьей величины, называемые поясом Ориона (или посохом Иакова, или еще Тремя Волхвами). На линии трех этих звездочек, к востоку и всегда близко к горизонту, у нас лежит самая яркая звезда всего неба Сириус (гораздо ярче первой величины), или $\alpha$ в созвездии Большого Пса (белая звезда). По времени восхода этой звезды древние египтяне ожидали разлития реки Нила, от которого зависело плодородие их страны. Ли-

ния от Полярной через средину между Кастором и Поллуксом встречает $\alpha$ в созвездии Малого Пса, или Процион, белую звезду первой величины. Если провести линию от $\delta$ к $\gamma$ Большой Медведицы, то она встретит созвездие Льва с красноватой звездой почти первой величины ($\alpha$) по имени Регул; созвездие состоит, кроме Регула, еще из 4 довольно ярких звезд, образующих вместе трапецию, т.-е. четыреугольник с двумя параллельными боками; в выбранный нами час и день это созвездие у нас не видно: оно под горизонтом. Между Львом и Близнецами можно видеть небольшое созвездие Рака, не содержащее ярких звезд и похожее по виду на вилы. На линии $\alpha\gamma$ Большой Медведицы встречаем созвездие Девы, находящееся против Рыб, вблизи колюра равноденствий. Солнце вступает в это созвездие в сентябре во время осеннего равноденствия; поэтому в полночь в сентябре оно вместе с Солнцем находится под горизонтом; самая яркая звезда ($\alpha$) этого созвездия — Спика, или Колос (белая), почти первой величины. Линия от $\beta$ к $\gamma$ Большой Медведицы проходит через созвездие Волопаса (Пастуха), или Боотеса; самая яркая звезда ($\alpha$) этого созвездия Арктур первой величины, темно-желтого цвета, лежит почти на линии $\beta\gamma$, а также почти на линии $\alpha\delta$. По другую сторону Арктура, почти на том же расстоянии, как и Большая Медведица, против Овна, лежит мало заметное созвездие Весов. Проведя линию от $\gamma$ через средину между $\delta$ и $\varepsilon$ Боль-

шой Медведицы, встретим два созвездия: голову Дракона, четыре звезды которой лежат от Полярной почти на таком же расстоянии, как и звезды хвоста Большой Медведицы, а затем созвездие Лиры с прекрасною яркою, голубовато-белою звездой (α) первой величины Вегой; кольца Дракона извиваются между Малой и Большой Медведицами. Между Боотесом и Лирой лежит красивое созвездие Северного Венца, звездочки которого расположены почти в круге, и созвездие Геркулеса, в котором хорошо видны четыре звезды, образующие косоугольный четыреугольник. Идя от Полярной через созвездие Геркулеса, пройдем немного вверх от созвездия Скорпиона с огненно-красной звездой (α) первой величины Антарес (сердце Скорпиона); это созвездие находится против Тельца; его можно найти также, идя от звезды α через звезды хвоста Большой Медведицы. Между Геркулесом и Скорпионом находится широкое созвездие Змееносца, при чем Змея, которую несет Змееносец, тянется от созвездия Северного Венца к ветви Млечного пути и загибается между обеими его ветвями к созвездию Орла. Последнее созвездие лежит по другую сторону от Веги, чем звезды хвоста Большой Медведицы, почти на том же расстоянии; главная звезда его (α) Альтаир — белая, первой величины; она лежит посредине между двумя звездочками третьей величины. Почти на линии между звездами Кассиопеи и Орлом лежит созвездие Лебедя из 5 звезд, составляющих широкий

крест; самая яркая звезда ($\alpha$) Денеб, второй величины, находится в хвосте птицы (почти на указанной линии), средняя звезда на теле, звезда по другую ее сторону, чем Денеб, — в клюве, две прочие звезды изображают распростертые крылья Лебедя. Идя от Кассиопеи через звезды Лебедя мимо Орла, встретим созвездие Стрельца, в котором нетрудно заметить 4 звезды, образующие лук Стрельца; Стрелец лежит по другую сторону Млечного пути, нежели Скорпион, против Близнецов. Между Кассиопеей и Малой Медведицей находится мало заметное созвездие Цефея. Идя от звезд Цефея через главную звезду ($\alpha$) Лебедя, найдем созвездие Дельфина из пяти неярких звезд, а дальше тоже мало заметное созвездие Козерога, лежащее против Рака. Между Козерогом и Пегасом лежит неяркое созвездие Водолея (напротив Льва). Через созвездия Ориона, Близнецов, Возничего, Персея, Кассиопеи, Цефея, Лебедя, затем двумя ветвями через созвездия Орла, Змеи, Стрельца и Скорпиона тянется бледно-мерцающая полоса Млечного пути, то расширяясь, то суживаясь и образуя на краях прихотливые изогнутые линии.

В течение суток звезды вращаются, как и солнце, вокруг некоторой оси. Если мы станем лицом к Полярной звезде, то скоро заметим это вращение и неподвижную точку — северный полюс мира, вокруг которого совершается вращение. Направление вращения идет над полюсом от востока к западу, т.-е. против движе-

ния стрелок в часах, и обозначено на рис. 106 стрелками. Мы знаем, что это вращение кажущееся и происходит от вращения Земли вокруг своей оси, которое совер-

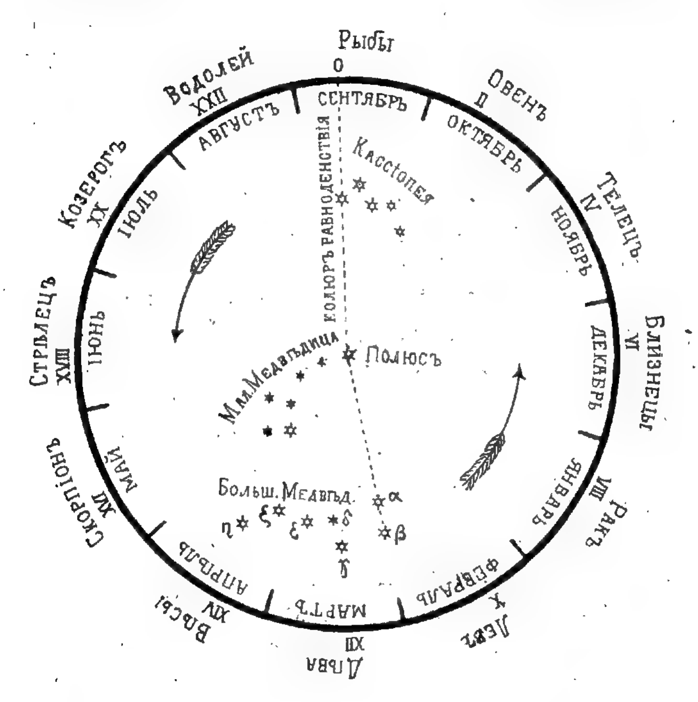



Рис. 106. Суточное движение неба и полюс мира.

шается в обратном направлении, от запада к востоку. Вращение Земли и кажущееся вращение звезд совершается замечательно равномерно. Если выбрать опре-

деленное место, стать лицом к полюсу и повесить перед собою отвесную нить так, чтобы она закрывала от глаза полюс, то окажется, что какая-нибудь звезда, например, α Большой Медведицы, будет пересекать эту нить через совершенно равные промежутки времени. Такой промежуток времени составляет (с весьма небольшой разницей) то, что астрономы называют **звездными сутками**. Звездные сутки делятся на 24 часа, час — на 60 минут, минута — на 60 секунд. Звездные сутки представляют столь постоянную величину, что со времен Гиппарха, за 2.000 лет, они, наверное, не изменились даже на одну сотую долю секунды. Если бы они изменились хотя бы на такую ничтожную величину, астрономы непременно заметили бы это: сравнивая дни затмений луны и солнца, записанные Гиппархом и Птолемеем, с теми днями, которые астрономы вычислили для этих затмений по нынешним точным способам предсказания затмений (см. беседу I, стр. 38—9), астрономы нашли бы разногласие в днях, если бы длина суток с тех пор изменилась. Такого разногласия замечено не было. Вот почему **равномерное вращение звезд служит для астрономов как бы вечным измерителем времени**, а звезды как бы стрелками вечно идущих и никогда не изменяющих своего ровного хода звездных часов. С этими неизменными звездными часами астрономы и сверяют всегда то течение времени, которым пользуются на практике. Таким образом, **звездные сутки служат основной, главной единицей**

времени. В каждой астрономической обсерватории устанавливаются часы, идущие по звездному времени, т.-е. такие, у которых часовая стрелка совершает полный оборот в 24 звездных часа. При этом астрономы считают не по 12 часов дважды, а полные 24 часа. Чтобы понять, с какого момента начинают считать звездные сутки, что должны показывать звездные часы в данный момент, как поверять эти часы и почему ими не пользуются в обыденной жизни, нужно сначала ближе познакомиться с характером суточного кажущегося движения звезд и Солнца. Рассмотрим рисунок 107.

Наблюдатель $A$ на поверхности земного шара следит в открытом месте за суточным движением Солнца и звезд, которое происходит вследствие вращения земного шара вокруг оси $П П_1$, называемой осью мира. Земной шар, для простоты рассуждений, окружен на рисунке вспомогательной сферой или шаровой поверхностью, на которой кажутся наблюдателю как бы прикрепленными Солнце и звезды. Предположим, что центр сферы находится в центре земного шара и что там именно и помещен глаз наблюдателя. При наблюдениях звезд такое положение наблюдателя не повлияет на взаимные положения звезд, на времена их заката и восхода по причине громадных расстояний звезд в сравнении с размерами Земли; при наблюдениях же Солнца разница вышла бы едва ощутительной. Пусть в точке наблюдения $A$ проведен отвес, т.-е. линия, проходящая через центр земного шара. Эта отвесная линия

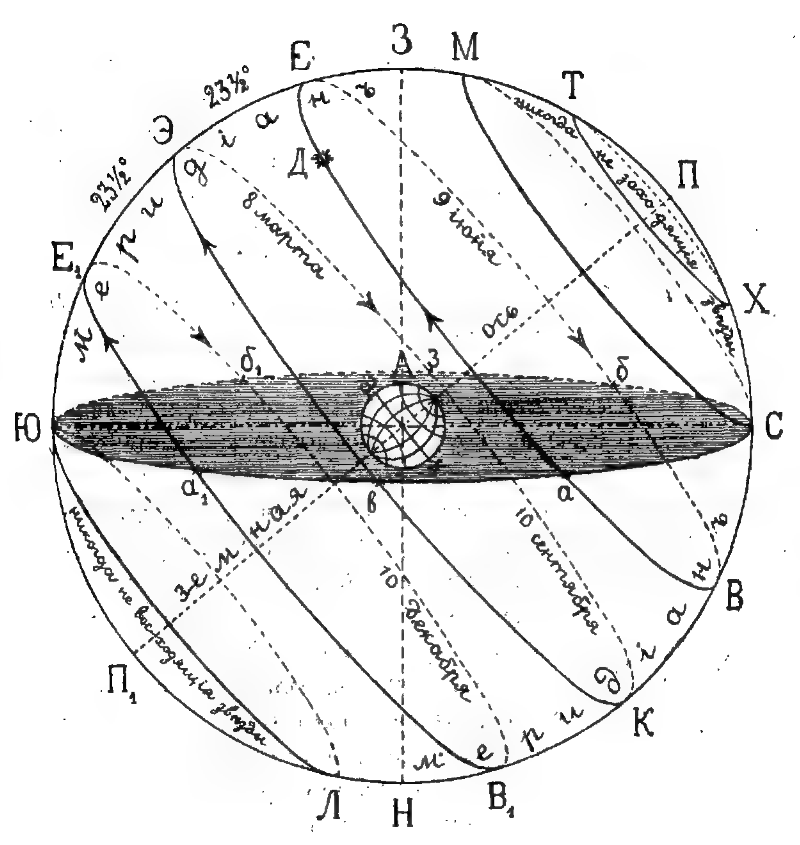



Рис. 107. Суточное вращение небесно  феры и суточное движение Солнца за

встретит сферу в двух точках *З* и *Н*, наивысшей и наинизшей, которые называются з е н и т о м и н а д и р о м. Плоскость *ЮС*, идущая через центр под прямым углом (перпендикулярно) к отвесной линии, есть и с т и н н ы й г о р и з о н т; он проведен через центр сферы. Если в центре сферы вообразить глаз наблюдателя, то над горизонтом *ЮС* будет видимая часть сферы, а под ним — невидимая часть. Вообразим плоскость, проходящую через ось мира $ПП_1$ и через отвесную линию *ЗН*. Эта плоскость пересечет сферу по большому кругу $ПЗП_1Н$, или по м е р и д и а н у. Меридиан пересечет окружность горизонта *ЮС* в двух точках *С* и *Ю*, в т о ч к е с е в е р а и т о ч к е ю г а. Точка севера будет именно в той стороне, где виден северный полюс мира *П* (вблизи его Полярная звезда). Прямая, соединяющая точки *С* и *Ю*, есть п о л у д е н н а я л и н и я наблюдателя. Солнце в п о л д е н ь пересекает южную часть меридиана; если тогда в центре сферы поставить отвесный шест, то тень шеста ляжет к северу именно вдоль полуденной линии. Став лицом к северу, мы направо от полуденной линии будем иметь в о с т о к, налево — з а п а д. Какая-нибудь звезда *Д*, видимая на сфере или, лучше сказать, с к в о з ь сферу, в течение звездных суток опишет круг *ЕВ* под прямым углом к оси мира $ПП_1$. Она взойдет на востоке в точке *а*, закатится на западе в точке *б*. Проходя через меридиан в точке *Е*, звезда достигнет наибольшей высоты над горизонтом; высота эта будет измеряться

дугою меридиана *ЮЕ*. Прохождение звезды через меридиан называют кульминацией. Кульминаций различают две: верхнюю *Е* и нижнюю *В*. Звезды, лежащие дальше круга *МС* к северному полюсу *П*, будут видны в обеих кульминациях и никогда не скрываются под горизонт (круг нижней точкой касается горизонта). Наоборот, звезды, лежащие за кругом *ЮЛ* (верхней точкой касается горизонта), ближе к южному полюсу $П_1$, совсем не показываются над горизонтом места *А*. Звезды, движущиеся между кругами *МС* и *ЮЛ*, видны только в одной верхней кульминации, имеют точки восхода и заката (как *а* и *б*).

Чтобы следить правильно и постоянно за течением звезд, необходимо иметь часы, т.-е. круг с цифрами или циферблат с равномерно движущимися стрелками, и астрономическую трубу (телескоп), которая движется в плоскости меридиана. Часы могут показывать какое угодно время, это безразлично, важно только, чтобы они шли равномерно, т.-е. чтобы с каждым часом, минутой, секундой их стрелка передвигалась всегда на одинаковый угол; нужно, чтобы часовые стрелки точно копировали равномерное вращение звезд. Но как найти на небе линию меридиана или, лучше сказать, как определить в пространстве положение плоскости меридиана?

Для этого лучше всего воспользоваться универсальным инструментом, — прибором, который описан в беседе I, на стр. 17—18. Его главные части

составляют два круга, разделенные на градусы: вертикальный круг *В* и горизонтальный *Г* (рис. 108). Вертикальный круг может вращаться вокруг отвесной оси *ОМ*, нижний конец которой укреплен в центре *М* горизонтального круга. Вместе с вертикальным кругом по горизонтальному кругу движется указательная линейка *АА*. По кругу *В* движется зрительная труба *ТТ* вокруг его центра *О*. Эту трубу и направляют на звезду. Тремя винтами горизонтальный круг *Г* можно установить так, что ось *ОМ* станет вертикально, по отвесу. Тогда нулевое деление круга *В* должно оказаться на отвесной линии, указывать в зенит, а самый круг даст возможность отсчитать зенитное расстояние звезды, т.-е. угол между отвесной линией *ОМ* и направлением трубы на звезду *ТТ*. Например, на рисунке 108 (слева) зенитное расстояние, указываемое трубой, около 50 градусов, линейка же *АА* указывает около 200 градусов. Теперь посмотрим, как таким прибором можно определить полуденную линию и меридиан (см. рис. 108, справа).

Всякая звезда, двигаясь равномерно, достигает наибольшей высоты в меридиане, и потому, если звезда бывает на некоторой высоте над горизонтом до прохождения через меридиан (на востоке), то она через некоторое время будет точно на такой же высоте после прохождения через меридиан (на западе). Вот из такого соображения и можно найти способ определять меридиан и полуденную линию. На рисунке изображен

горизонт и половина сферы, видная наблюдателю, которого глаз в центре сферы. Универсальный инструмент установлен так, что его отвесная ось направлена в зенит наблюдателя (в точку *З*). Пусть наблюдатель следит за движением *α* Большой Медведицы. Сначала он видит ее в восточной части сферы и находит ее зенитное расстояние, положим, равным 40 градусам (на рисунке это

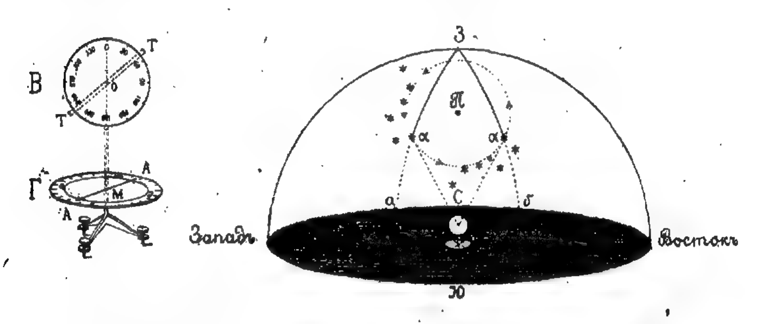



Рис. 108. Определение меридиана и полуденной линии.

будет дуга сферы *За*, слева). Через несколько часов он снова увидит звезду уже в западной части сферы и сможет уловить момент, когда ее зенитное расстояние снова будет равно 40 градусам (дуга *За*, справа). Высоты звезды в оба раза будут, очевидно, также одинаковы (это будут дуги *аа* и *аб*). В оба раза наблюдатель отмечает то деление, на котором остановилась указательная линейка *АА* горизонтального круга. Пусть в первый раз отсчет получился 230 градусов, а во второй

раз — 150 градусов. Спрашивается, как должна итти полуденная линия? На каком делении остановится указательная линейка, если ее направить по полуденной линии? Очевидно, полуденная линия должна пройти посредине между обоими положениями указательной линейки, и отсчет для нее выйдет средний между 150 и 230 градусами, т.-е. 190 градусов (надо сложить 150 и 230 и сумму разделить пополам). На этом делении горизонтального круга придется точка севера *С*, а точка юга *Ю* придется на делении 10 градусов (на 180 градусов меньше). Теперь полуденная линия найдена. Ее отмечают двумя метками, северной и южной, на каких-либо предметах (чертами, вехами или фонарями). Меридиан же пройдет через полуденную и отвесную линии, и легко установить теперь вертикальный круг *В* в плоскости меридиана.

Полуденную линию можно определить приближенно путем подобных же наблюдений Солнца при помощи очень простого прибора. Лист бумаги кладется на горизонтальную хорошо выверенную плоскость, и на нем укрепляется загнутый углом стержень *М* (рис. 109) с небольшим кольцом на конце для прохождения солнечных лучей. Сквозь кольцо сначала пропускается нить с отвесом и отмечается точка *Ц*, где на бумаге придется конец отвеса. Вокруг точки *Ц* описывают ряд концентрических кругов (с общим центром *Ц*). Затем наблюдают несколько часов за изображением отверстия кольца на бумаге. Оно (вслед за движением

солнечного луча) будет передвигаться по бумаге и опишет кривую линию *АБ*, пересекая постепенно каждый круг, сначала в одной точке на запад от полуденной линии, а потом в другой точке на восток от полуденной линии. Получится ряд точек *А*, *Б*, $А_1$, $Б_1$, $А_2$, $Б_2$ и

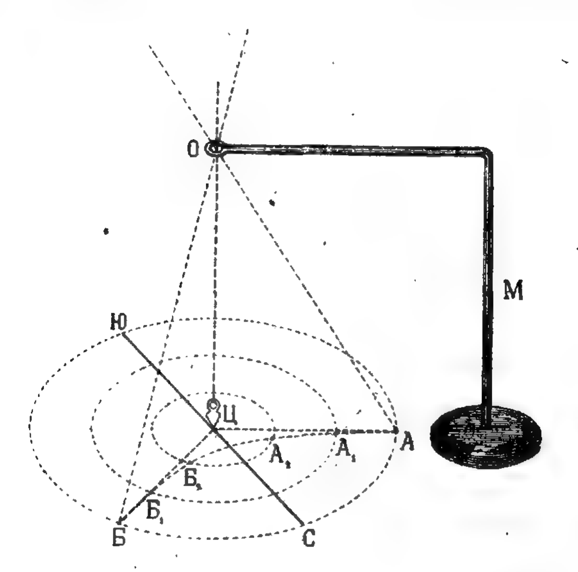



Рис. 109. Определение полуденной линии по Солнцу.

т. д. Разделим каждую дугу *АБ*, $А_1Б_1$, $А_2Б_2$ и т. д. пополам и средину соединим с центром *Ц*. Полученная линия и будет полуденная линия. Вследствие неточности нашего чертежа различные линии не совпадут; тогда нужно взять некоторую среднюю между ними ли-

нию *СЮ*. Этот способ далеко не точен, если бы даже точки, отмеченные нами на бумаге, были вполне точны. Кольцо нужно ставить так, чтобы в полдень лучи Солнца падали на него, приблизительно, отвесно.

Установим теперь какой-нибудь астрономический прибор, например, тот же универсальный инструмент так, чтобы его труба все время двигалась в плоскости меридиана, и станем следить изо дня в день за кульминациями звезд. Мы заметим следующее. Какую бы мы звезду ни выбрали, высота ее в меридиане, во время кульминации, всегда будет одна и та же (например, для звезды *Д* на рис. 106 это будет всегда дуга *ЮЕ*). Для Солнца же выйдет совсем иное. Если наблюдать его, например, 21 марта в Ленинграде, то в полдень высота центра Солнца на меридиане будет около 30 градусов (а зенитное расстояние — 60 градусов, т.-е. 90 без 30). Если продолжать наблюдения ежедневно, то окажется, что полуденная высота Солнца все увеличивается; 22 июня она достигает наибольшей величины, около $53^1/_2$ градусов; далее она уменьшается и 23 сентября делается равной 30 градусам. После того она продолжает уменьшаться и 22 декабря достигает наименьшей величины в $6^1/_2$ градусов, а затем снова увеличивается и 21 марта вновь возвращается к прежней величине (30 градусов). Будем в то же время следить ежедневно за точками восхода и заката Солнца и звезд. Мы увидим, что какая-нибудь звезда *Д* (рис. 107) изо дня в день восходит и заходит в одних и тех же точках

горизонта *а* и *б* и описывает всегда один и тот же круг *аЕб*. Солнце же все время меняет точки восхода и заката. 21 марта Солнце восходит как раз в точке востока *в*, а заходит в точке запада *з*, на расстоянии 90 градусов от точки *Ю* (или *С*). В это время оно описывает по небесной сфере большой круг *ЭК*, делящий сферу пополам и проходящий на равном расстоянии от полюсов $П$ и $П_1$. Это — небесный экватор; он есть не что иное, как пересечение сферы с продолженною плоскостью земного экватора *эк*. После 21 марта точки восхода и заката Солнца приближаются к точке *С*, и 22 июня Солнце будет восходить и заходить наиболее близко к точке севера, например, в *а* и *б*. За сутки 22 июня Солнце опишет по сфере уже малый круг *ЕВ*. После 22 июня точки восхода и заката Солнца станут удаляться от точки *С*, и 23 сентября Солнце опять будет восходить в точке *в*, заходить в точке *з*, а в течение суток опять опишет экватор *ЭК*. Далее точки восхода и заката Солнца передвинутся ближе к точке *Ю* и 22 декабря бывают наиболее близки к точке юга ($а_1$ и $б_1$). Тогда суточное движение Солнца совершается по малому кругу $Е_1В_1$. Ровно через год, 21 марта, Солнце снова возвращается на экватор *ЭК*. Отсюда видно, что Солнце, кроме суточного, имеет еще какое-то годовое движение, которое заставляет его описывать различные суточные круги и удаляться от экватора то на $23^1/_2$ градуса к северу, то на $23^1/_2$ градуса к югу.

Положение на сфере важной для наших рассуждений плоскости экватора мы можем определить точно, зная положение полюса мира, который отстоит от каждой точки экватора на дугу в 90 градусов. А положение полюса легче всего определить так. Выберем незаходящую у нас звезду, например, *α* Большой Медведицы, и определим ее зенитные расстояния при верхнем и нижнем прохождении через меридиан. Пусть на рис. 107 это будут точки *Т* и *Х*. Зенитные расстояния этих точек будут дуги *ЗТ* и *ЗХ*; для *α* Большой Медведицы они выйдут равными (в Ленинграде), приблизительно, $2^1/_4$ градусам и $57^3/_4$ градусам. Полюс мира *П*, очевидно, лежит посредине между точками *Т* и *Х*; поэтому зенитное расстояние *ЗП* есть среднее между *ЗТ* и *ЗХ*, т.-е. в Ленинграде оно равно, приблизительно, 30 градусам. Зенитное расстояние точки *Э* на экваторе *ЗЭ* будет равно 90 — 30, или 60 градусам.

Почему же и как именно происходит годовое движение Солнца? Причина этого явления — годовое движение Земли. Мы не замечаем своего движения вместе с Землей, и нам кажется, что Солнце передвигается в том же направлении по небесной сфере. Рисунок 110 поясняет, в чем дело. Земля движется вокруг Солнца почти по круговой линии *АБВГ*. 21 марта Земля находится в точке *А*; тогда Солнце находится перед созвездием Рыб; и это созвездие не будет видно, так как пройдет над наблюдателем в полдень; зато в полночь на меридиане

будет противоположное созвездие **Девы**. Через 3 месяца, к 22 июня, Земля передвинется на $^{1}/_{4}$ круга, в точку *Б*; тогда Солнце находится перед созвездием **Близнецов**, а видно будет в полночь на меридиане созвездие **Стрельца**. К 23 сентября Земля придет в точку *В*; Солнце находится в созвездии Девы, а на меридиане в полночь будет созвездие **Рыб**. К 22 декабря Земля передвинется в точку *Г*; Солнце закроет созвездие **Стрельца**, на меридиане в полночь будет созвездие **Близнецов**. Значит, вследствие движения Земли Солнце должно как бы описать по небесной сфере полный круг и закрыть ряд созвездий. Эти созвездия суть созвездия Зодиака и все приведены на стр. 286—290 (они напечатаны жирным шрифтом). Их всего 12, по одному на каждый месяц. Начиная с марта, Солнце закрывает постепенно: в марте Рыбы, в апреле Овна, в мае Тельца, в июне Близнецов, в июле Рака, в августе Льва, в сентябре Деву, в октябре Весы, в ноябре Скорпиона, в декабре Стрельца, в январе Козерога, в феврале Водолея. Плоскость, в которой движется центр земного шара, и линия, по которой кажется движущимся центр Солнца, называется э к л и п т и к о й. Таким образом, мы всегда можем сказать, какое созвездие Зодиака находится в полночь данного дня на меридиане. Рис. 106 может указать, в котором часу по полуночи в сентябре данное созвездие пересекает меридиан. Передвигая же цифры часов, то же можно сделать и для любого месяца.

Вообразим теперь земной шар, вращающийся на оси $ПП_1$ (рис. 111) и окруженный сферой, имеющей

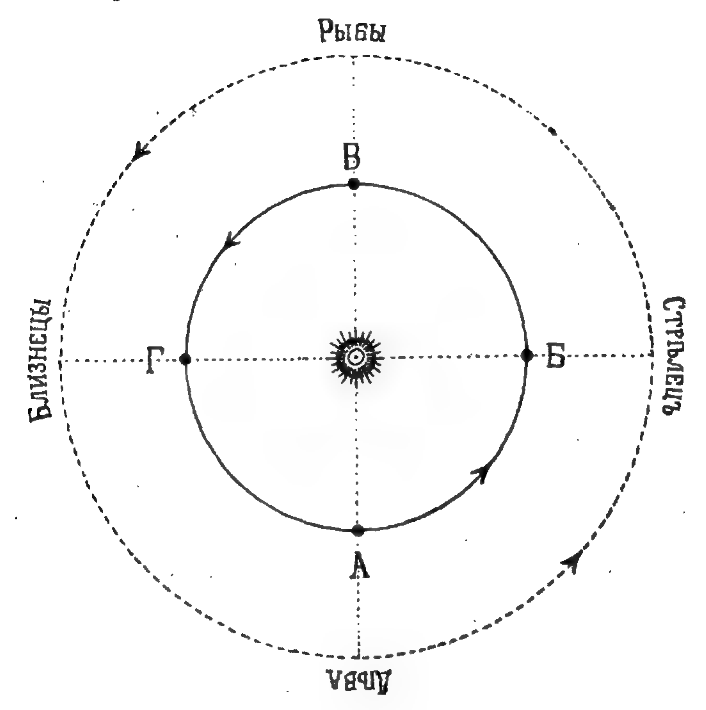



Рис. 110. Объяснение годового движения Солнца.

центр в центре земного шара. Пусть круг *ЭК* будет небесный экватор (продолжение земного экватора *эк*), З — зенит наблюдателя *А*, *ЮС* его полуденная линия (сравни с рис. 107). Земной шар вращается против

движения часовых стрелок, если смотреть с полюса *П* (северного), вся же сфера кажется вращающейся в течение суток по направлению часовых стрелок. Плоскость, в которой движется центр Земли, или эклиптика, не совпадает с плоскостью земного экватора; она наклонена к нему на угол, приблизительно, в $23^1/_2$ градуса. Поэтому и кажущийся путь годового движения Солнца будет наклонен к небесному экватору *ЭК* на $23^1/_2$ градуса. Путь центра Солнца на сфере обозначен у нас буквами *ЛТ*. Вдоль этого пути и расположены созвездия Зодиака. Движение по нему центра Солнца совершается против движения часовых стрелок, в том же направлении, в каком совершается вращение Земли. Отметим прежде всего две важные точки на сфере, это — точки пересечения эклиптики *ЛТ* с экватором *ЭК*; они обозначены у нас особыми знаками **Овна** и **Весов**: ♈ и ♎. Теперь эти точки находятся уже в созвездиях **Рыб** и **Девы**, а во времена Гиппарха были в созвездиях Овна (♈) и Весов (♎). Когда Солнце вступает в эти точки, т.-е. когда его центр пересекает экватор, наступают весеннее и осеннее равноденствия. В самом деле, если смотря на рис. 107, вообразить, что Солнце находится на экваторе (21 марта или 23 сентября) и вместе со сферой за эти сутки описало круг вокруг земной оси, то двигаться оно будет несомненно по экватору. Видно по рисунку, что половина этого круга лежит над горизонтом, половина — под горизонтом *ЮС*, а потому день

будет равен ночи. Точки ♈ и ♎ поэтому и называются точками весеннего и осеннего равноденствия. Теперь вернемся к вопросу об измерении времени. Начнем с звездного времени.

Как мы уже знаем, звездными сутками называется промежуток времени между двумя верхними прохождениями через меридиан (кульминациями) какой-либо звезды, или вообще какой-либо точки сферы (см. стр. 292—296). Теперь мы должны выразиться более определенно. **Звездными сутками принято называть промежуток времени между двумя верхними кульминациями точки весеннего равноденствия или, кратко, точки весны** (♈). Объясним, почему выбрана именно точка ♈. Когда точка ♈, вращаясь вместе со сферой вокруг земной оси $ПП_1$, вступает на меридиан $ПЗП_1К$ наблюдателя $A$, наблюдатель говорит, что у него **нуль звездного времени**, т.-е. **начались звездные сутки, наступил звездный полдень**. Сфера равномерно вращается вокруг оси $ПП_1$, точка ♈ равномерно передвигается по экватору $ЭК$ и в каждый звездный час проходит дугу в 15 градусов (так как за сутки, в 24 часа, она должна пройти полную окружность, или 360 градусов). Вообразим, что меридиан $ПЗП_1Н$ остается все время неподвижным, а круги сферы и все ее точки постепенно через него проходят, двигаясь в направлении суточного движения светил, т.-е. по направлению движения часовых стрелок, если смотреть с полюса $П$. Большой круг,

проходящий через полюсы и равноденственные точки, т.-е. круг $П\Upsilon П_1$♎, называется у астрономов **колюром равноденствий**. В момент звездного полудня (или начала звездных суток) колюр равноденствий со-

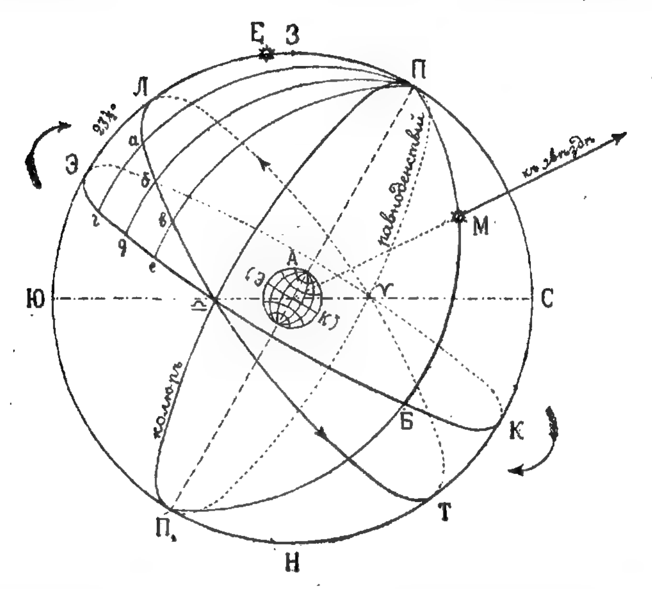



Рис. 111. Звездное время и годовое движение Солнца.

вмещается с меридианом, а затем равномерно вращается вокруг оси $ПП_1$. **Это именно вращение и измеряет звездное время в данный момент.** Положим, что в данный момент колюр равноденствий принял положение, изображенное на рис. 111. Тогда он образует с меридианом уже некоторый угол. Этот угол

измеряется дугой экватора $Э\Upsilon$. Положим далее, что дуга $Э\Upsilon$ содержит 102 градуса. Спрашивается, сколько в этот момент будет звездного времени? Расчет очень прост. На час приходится 15 градусов, на одну минуту $^1/_4$ градуса, или один градус на 4 минуты; звездного времени будет 6 часов 48 минут ($102 = 15 \times 6 + 12$; $4 \times 12 = 48$). Дуга $Э\Upsilon$ называется **часовым углом** точки $\Upsilon$. Значит, **звездное время в данный момент есть часовой угол точки $\Upsilon$, переведенный в единицы времени.** Но спрашивается, как определить этот часовой угол? Ведь точка $\Upsilon$ ничем на небе не обозначена, как же мы можем знать ее часовой угол? Чтобы понять это, познакомимся, как астрономы определяют положения звезд на вспомогательной сфере, изображенной на рис. 111.

Пусть из центра сферы, где мы вообразим глаз наблюдателя, проведено направление $OM$ на какую-нибудь звезду. Точка $M$ будет называться местом, или **положением**, звезды на сфере. Проведем через полюсы $П$ и $П_1$ и место звезды $M$ большой круг $ПМП_1$. Пусть он пересекает экватор в точке $Б$. Тогда две дуги будут вполне определять положение звезды $M$: одна дуга $БМ$ измеряется от экватора до места звезды по кругу $ПМП_1$; она называется **склонением** звезды и считается к северному полюсу со знаком + (положительное), к южному полюсу со знаком — (отрицательное); другая дуга будет $\Upsilon Б$, считая по экватору от $\Upsilon$ до $Б$ по направлению годового движения Солнца (против часовых стрелок); она

называется **прямым восхождением** и считается от нуля до 360 градусов; но обыкновенно она прямо выражается в единицах времени, прямое восхождение считают от нуля до 24 час. Таким образом, например, прямое восхождение звезды *E*, находящейся на меридиане, будет дуга ♈*Э*, или 102 градуса, т.-е. 6 часов 48 минут; прямые восхождения точек *а*, *б*, *в* будут дуги ♈*г*, ♈*д*, ♈*е*; прямое восхождение точки ♎ будет дуга ♈♎, или 180 градусов (пол-круга), т.-е. 12 часов. У каждой точки сферы будет свое склонение и свое прямое восхождение. Теперь вернемся к звездному времени в данный момент.

Это звездное время изображала у нас дуга *Э*♈. Но предположим, что как раз в этот момент у наблюдателя *А* кульминирует звезда *E*. Прямое восхождение этой звезды будет дуга ♈*Э*, т.-е. как раз **звездное время в данный момент равно прямому восхождению звезды, которая в этот момент кульминирует.** Отсюда видно, что достаточно знать прямые восхождения звезд, чтобы суметь в каждый момент проверить часы, идущие по звездному времени. Для этого нужно только выбрать звезду, которая в этот момент кульминирует, и знать ее прямое восхождение. Вот здесь-то мы и встречаемся с одной из важнейших задач практической астрономии, требующей точных и искусных измерений. Опять можно спросить, как определить прямые восхождения звезд, если точка ♈, от которой они считаются, не обозначена на небе ничем?

Вспомним, что 21 марта центр Солнца пересекает экватор и находится именно в точке ♈. Значит, нужно только высчитать, в какой именно час 21 марта пройдет центр Солнца через экватор; тогда, зная положение какой-либо звезды в этот момент, и можно будет определить прямое восхождение звезды. Прямые восхождения прочих звезд определятся сами собою, так как относительные положения звезд остаются неизменными. Посмотрим, как это можно сделать. Возьмем 1908 год.

21 марта центр Солнца, пересекая экватор, переходит из южной части сферы $ЭП_1К$ в северную $ЭПК$ (см. рис. 111), и потому склонение его центра из южного отрицательного, становится северным, положительным. Когда центр Солнца вступит на экватор, склонение его будет нуль. Вот этот момент нулевого склонения для центра Солнца и нужно высчитать. Будем наблюдать солнце в полдень 20 и 21 марта и определять его склонения, т.-е. расстояния его центра по меридиану от экватора Как определить на сфере положение экватора, мы видели на стр. 303. Установив универсальный инструмент в меридиане и направив в полдень 20 марта 1908 г. трубу инструмента на центр Солнца, мы нашли бы, что центр Солнца отстоит от экватора к югу на $^1/_4$ градуса, или на 15 минут дуги (градус содержит 60 дуговых минут). Если бы сделать то же измерение 21 марта, то оказалось бы, что центр Солнца отстоит от экватора уже к северу на $^3/_{20}$ градуса, или на 9 минут дуги. Спрашивается, когда центр

Солнца был на экваторе? 20 марта в полдень склонение Солнца было—15 минут (отрицательное), 21 марта в полдень оно было $+9$ минут (положительное). Разделим промежуток времени между двумя полуднями (это уже не звездные, но солнечные сутки) на 24 часа. Тогда выйдет такой расчет: в 24 часа склонение изменилось от $-15$ до $+9$ минут, всего на 24 минуты дуги; следовательно, в час оно менялось на одну минуту. Чтобы от $-15$ минут дойти до нуля, очевидно, необходимо 15 часов. Значит, прохождение центра Солнца через точку ♈ случилось через 15 часов после полудня 20 марта, т.-е. 21 марта в 3 часа пополуночи. В этот момент центр Солнца находился как раз в точке ♈ (см. рис. 112). Его часовой угол (считая от меридиана $ЭЗПКП_1$) выразится дугой *ЭК*♈, которая содержит $15 \times 15$, или 225 градусов (так как от полудня 20 марта прошло 15 часов, а в каждый час часовой угол Солнца увеличивается на 15 градусов). Пусть мы пронаблюдали какую-нибудь звезду *М* и для 3 часов пополуночи измерили ее часовой угол *ЭКБ* (для этого надо знать только, сколькими часами раньше этого момента она прошла через меридиан, и умножить 15 градусов на число прошедших звездных часов). Положим, вышло 315 градусов, т.-е. звезда прошла через меридиан 21 звездный час тому назад. Значит, звезда прошла через меридиан шестью часами раньше точки ♈, где находится теперь центр Солнца, когда же она будет в меридиане, то часовой угол точки ♈, было звездное

время, будет 18 часов; значит, прямое восхождение этой звезды есть 18 часов, или 270 градусов. Чтобы

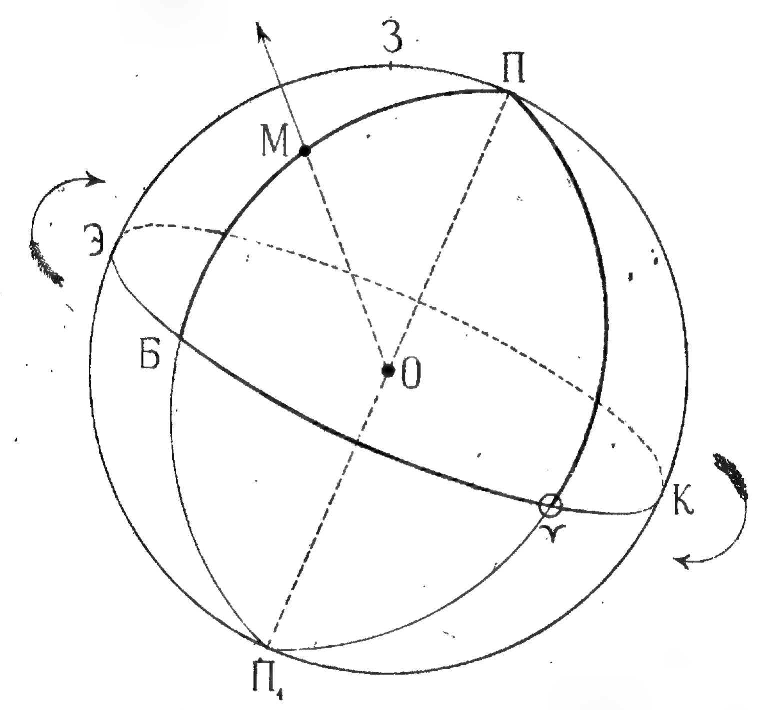



Рис. 112. Определение прямого восхождения.

определить прямое восхождение любой другой звезды, нужно только знать, насколько часов раньше или позже она кульминирует, чем первая выбранная нами звезда (основная). Так определяются прямые восхождения

звезд и вообще всех светил и записываются в астрономические таблицы.

Имея в руках такие таблицы, можно в любой момент проверить часы, идущие по звездному времени. Стоит только пронаблюдать звезду, которая кульминирует в этот момент, т.-е. укажет, сколько времени тому назад прошла через меридиан точка ♈.

Вы видите теперь, с какими трудностями сопряжен точный и правильный счет даже звездного времени. Но на этом еще не кончаются затруднения. Считать время по звездам (по точке ♈) очень удобно в научном отношении, так как расчеты и поверка часов весьма просты, и единица времени — звездные сутки — весьма постоянна. Но такой счет времени неудобен практически, так как не согласуется со сменой дня и ночи, с суточным движением Солнца. Между тем, именно по смене дня и ночи мы всегда вынуждены располагать свои практические дела, в том числе и астрономические наблюдения. Поэтому надо научиться вести счет времени по Солнцу. Но тут и возникает ряд больших затруднений, для устранения которых потребовалось много ума, труда и искусства.

Если считать время по Солнцу, то единицей времени будут солнечные сутки. Солнечными сутками называют промежуток времени между двумя полуднями, или между двумя верхними кульминациями центра Солнца. Будут ли солнечные сутки равны звездным? Нет, не будут. Вернемся к рис. 111.

Положим, что в известный день года Солнце *Л* и звезда *E* кульминировали одновременно. Через одни звездные сутки земной шар совершит полный оборот вокруг оси $ПП_1$, вся сфера совершит полный оборот в обратном направлении, и звезда *E* вновь вступит на меридиан $СПЮП_1$. А Солнце? Вследствие годового движения Земли мы увидим, что Солнце передвинется по эклиптике в ту же сторону, в которую вращается Земля (см. рис. 111). Центр Солнца окажется уже не в *Л*, но в *а*. Значит, Земле придется повернуться еще на некоторый угол, чтобы центр Солнца снова очутился на меридиане наблюдателя *А*, который в момент кульминации звезды *E* совпадал с нашим неподвижным небесным меридианом $СПЮП_1$. Поэтому солнечные сутки длиннее звездных. Еще через солнечные сутки Солнце окажется в точке *б*, затем в точке *в* и т. д., пока ровно через год снова не вернется в точку *Л*. Что же все это значит? Это значит, что з а г о д З е м л я с д е л а е т о т н о с и т е л ь н о ц е н т р а С о л н ц а р о в н о о д н и м о б о р о т о м м е н ь ш е, ч е м о т н о с и т е л ь н о з в е з д ы, и л и, л у ч ш е с к а з а т ь, о т н о с и т е л ь н о т о ч к и ♈; точка ♈ в год будет иметь на одну кульминацию больше, чем Солнце, поэтому г о д д о л ж е н с о д е р ж а т ь з в е з д н ы х с у т о к р о в н о н а о д н и б о л ь ш е, ч е м с о л н е ч н ы х. Те наблюдения, о которых сказано на стр. 311 и сл., убеждают, что центр Солнца вращается в точку ♈ через $366 \frac{2422}{10000}$ звездных суток, т.-е. в течение года точка ♈ делает вокруг земного шара 366

с дробью $\left(\frac{2422}{10000}\right)$ оборотов, или, лучше сказать, Земля делает столько же оборотов относительно точки ♈. Относительно же центра Солнца Земля делает ровно одним оборотом меньше, и потому год содержит только 365 $\frac{2422}{10000}$ солнечных суток. Отсюда и ясно, что солнечные сутки продолжительнее звездных. А именно, одни солнечные сутки содержат 366 $\frac{2422}{10000}$, деленное на 365 $\frac{2422}{10000}$, суток звездных, или одни звездные сутки + 3 мин. 56½ сек. Наоборот, одни звездные сутки содержат одни солнечные сутки без 3 мин. 57 сек. Те и другие сутки одинаково делятся на 24 часа, час на 60 минут, минута на 60 секунд, только солнечные часы, минуты и секунды будут продолжительнее звездных. Но спрашивается теперь, в чем же затруднение? Почему нельзя на практике или пользоваться только звездным временем, или, если нужно солнечное, то только убавлять от звездного времени известную величину по расчету 3 минуты 57 секунд на каждые звездные сутки? Вот почему.

Начало звездных суток только раз в году, в весеннее равноденствие, 21 марта, совпадает, приблизительно, с началом солнечных суток. Чем дальше от весеннего равноденствия, тем больше и больше расходятся начало звездных и начало солнечных суток. 23 сентября Солнце придет, двигаясь по эклиптике, уже в точку ♎ (осеннего равноденствия) и будет уже на расстоянии 180 градусов от точки ♈. Поэтому солнечный полдень случится уже на 12 часов позже звездного, а следовательно

„звездный полдень“ случится не днем, но почти в полночь. Таким образом, начало звездных суток в течение года случается в разные часы дня, — то днем, то ночью. Вот почему счет по звездному времени и неудобен на практике. Но этим далеко еще не кончаются затруднения.

Счет по солнечному времени был бы так же прост, как и по звездному, если бы солнечные сутки были всегда равны между собою, всегда были на 3 мин. $56^1/_2$ сек. звездного времени продолжительнее суток звездных. Но этого-то и нет. Солнечные сутки не равны между собою по продолжительности в разное время года. Например, в декабре солнечные сутки на $^3/_4$ мин. длиннее, чем в сентябре. В этом можно убедиться, наблюдая по часам промежутки между последовательными полуднями. Что же за причина такого явления? Причина в том, что годовое движение Солнца и его суточное движение не совершаются в одной плоскости или хотя бы параллельно друг другу. Взглянем на рис. 113. Суточное движение Солнца, как и всех точек сферы, совершается вокруг земной оси $ПП_1$, перпендикулярно к этой оси, а годовое движение Солнца совершается по эклиптике, наклонно к оси, а потому наклонно и к плоскости суточного движения. Чтобы лучше понять, как складываются оба движения Солнца, годовое и суточное, проще всего взять черный шар, начертить на нем экватор *ЭК* и эклиптику *ЛТ* и вращать вокруг оси $ПП_1$ (рис. 113). Тогда все точки

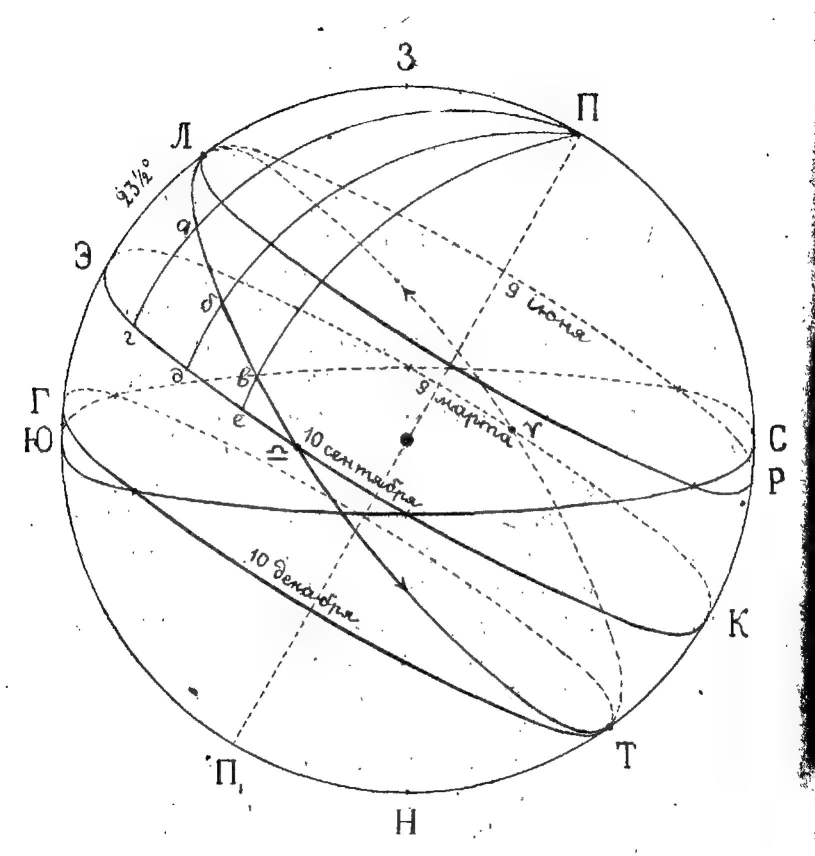



Рис. 113. Неравенство солнечных суток.

экватора при вращении будут как бы покрывать друг друга, экватор будет двигаться сам вдоль себя, не уклоняясь ни к тому, ни к другому полюсу. Точки же эклиптики *ЛТ* будут описывать различные круги. Например, точка ♈ или точка ♎ описывают экватор *ЭК*; точка *Л* описывает круг *ЛР*, меньший экватора и параллельный ему; точка *Т* описывает также малый круг *ТГ* и т. д. Вообразим, что некоторая точка движется очень медленно (как Солнце в течение года) по кругу *ЛТ* в направлении стрелки, а вся сфера поворачивается вокруг оси $ПП_1$ в обратном направлении и притом в 366 раз быстрее, чем точка на круге *ЛТ* (как звезда в течение суток). Что тогда выйдет? Пусть круг $СПЮП_1$ изображает меридиан, и пусть вдоль него обнимает наш шар неподвижное кольцо или обруч. С каждым оборотом шара какая-нибудь точка его поверхности, например, ♈, будет через равные промежутки времени пересекать кольцо, изображающее меридиан; подвижная же точка на круге *ЛТ* также будет через известные промежутки пересекать меридиан, но, во-первых, эти промежутки будут длиннее промежутков, указанных выше для точки ♈, а во-вторых, они будут еще неравны между собой. Причина неравенства такова. Положим, что подвижная точка на круге *ЛТ* начинает движение от *Л* и движется равномерно, проходя с каждым оборотом шара равные дуги *Ла*, *аб*, *бв* и т. д. С каждым оборотом точка будет уходить от меридиана, Чтобы она вступала последовательно на меридиан, шару

придется поворачиваться на известные углы; чтобы отыскать, какие это именно углы, нужно через полюсы $П, П_1$ и точки *а*, *б*, *в* и т. д. провести дуги больших кругов *Па*, *Пб*, *Пв* и т. д. На экваторе *ЭК* получатся точки пересечения *г*, *д*, *е* и т. д. Шар и придется поворачивать постепенно (по стрелке) на такие углы, чтобы каждая точка экватора передвигалась постепенно на дуги *Эг*, *гд*, *де* и т. д. Но эти дуги именно и неравны между собою: чем ближе к точке ♎ (или ♈), тем дуги делаются короче.

Итак, если бы даже Солнце двигалось по эклиптике равномерно, солнечные сутки не были бы равны между собою. Но Солнце даже и по эклиптике движется неравномерно, потому что Земля движется вокруг Солнца неравномерно и не по кругу, а по эллипсу (см. беседу III, стр. 182). Отсюда и возникают большие затруднения при счете времени по Солнцу. Мы не можем пользоваться такими часами, которые шли бы неравномерно, в разные дни года то быстрее, то медленнее, следуя точно за Солнцем. Наши часы идут равномерно, и стрелка их делает два полных оборота не в настоящие (истинные) солнечные сутки, но в некоторые средние солнечные сутки. Чтобы отыскать продолжительность таких средних суток, нужно $366 \frac{2422}{10000}$ звездных часов (год) разделить на $365 \frac{2422}{10000}$ равных частей. Выйдет 24 часа 3 мин. $56^1/_2$ сек. звездных. Зная это, и устраивают так называемые средние часы, у которых стрелка проходит 24 часовых деления за средние

солнечные сутки, или иначе за 24 часа 3 мин. $56^1/_2$ сек. звездного времени; однако, трудность состоит вовсе не в устройстве таких часов, а в том, как их поверять и с какого момента начинать счет средних суток. По настоящему, видимому Солнцу такой счет вести нельзя. Действительно, если мы, например, на приборе, изображенном на рис. 109, определим момент полудня, т.-е. момент вступления центра видимого Солнца на меридиан, то увидим, что наши часы в этот момент обыкновенно не показывают 12 часов (или, лучше сказать, не показывают нуль часов). Момент полудня по видимому Солнцу нетрудно приближенно определить так: заметить по часам, когда изображение Солнца пересекло один из кругов, например, в *А* и *Б* (рис. 109). Получится два момента (до и после полудня). И если возьмем средний между ними момент, то окажется, что он не равен нулю часов. Например, может случиться, что 11 февраля в точке *А* изображение Солнца будет по нашим часам в 9 часов 35 минут утра, а в точке *Б*—в 2 час. 53 минуты дня. Средний момент будет 0 часов 14 минут, а не точно нуль. Значит, если бы мы считали по видимому Солнцу, у нас вышло бы ровно п о л д е н ь (нуль часов), а по нашим часам, если они сверены предварительно с верными часами, должно было бы выйти 14 минут первого пополудни. И эта разница будет весьма различна в разные дни года. Например, около 11 февраля наши часы должны быть впереди видимого Солнца на 14 с лишком минут, около

15 мая уже позади на 4 почти минуты, около 27 июля опять впереди на 6 с лишком минут, около 3 ноября позади на 16 с лишком минут; только 4 раза в году: 15 апреля, 15 июня, 1 сентября и 25 декабря показания наших часов совпадают с временем по видимому Солнцу. Указанная выше разница называется у астрономов уравнением времени.

Точное вычисление уравнения времени представляет большие трудности. Приходится вести счет времени не по видимому Солнцу, а по воображаемой точке неба, которая двигалась бы не по эклиптике и неравномерно, а по экватору и равномерно, так чтобы дуги *Эг*, *гд*, *дв* и т. д., на которые передвигается экватор сферы с каждыми солнечными сутками, уже искусственными, а не настоящими, были равны между собою (см. рис. 113). Эта воображаемая точка должна быть точно, совершенно определенным образом связана в своем движении с движением видимого Солнца так, чтобы ее положение всегда можно было вычислить, зная положение видимого Солнца на эклиптике. Получается точка, которую астрономы называют воображаемым средним Солнцем. Эта точка движется равномерно по экватору и подчинена следующему условию. Вообразим, что настоящее видимое Солнце движется по эклиптике равномерно, начиная с положения, где оно бывает 3 января (когда оно ближе всего к земле). Солнце движется, как и Земля, на самом деле неравномерно, так как Земля в своем

движении подчиняется первому и второму законам Кеплера (см. стр. 182—83). Но, зная в каждый момент после 3 января положение Земли на ее орбите, мы знаем и положение видимого Солнца на эклиптике и на сфере, а отсюда можно подсчитать, какое положение Солнце заняло бы на эклиптике, если бы стало двигаться весь год равномерно. Тогда одна неравномерность будет уравнена. Чтобы уравнять и другую неравномерность, вообразим, что некоторая точка равномерно в течение года движется по экватору и выходит из точки ♈ в один и тот же момент с центром Солнца, которое теперь у нас равномерно идет по эклиптике; очевидно, зная положение видимого Солнца, мы каждый раз будем знать и положение выбранной нами воображаемой точки. Эта точка и есть среднее Солнце. Она будет кульминировать уже через строго равные промежутки времени, а именно — через 24 часа 3 мин. $56^1/_2$ сек. звездного времени, но только моменты кульминаций, т.-е. начала суток будут, то отставать, то уходить вперед от моментов кульминаций видимого Солнца. Момент верхней кульминации видимого Солнца астрономы называют истинным полуднем, а момент кульминации воображаемого среднего Солнца — средним полуднем. Разница между истинным и средним полуднем и есть уравнение времени. Это уравнение времени будет в течение года меняться, так как воображаемое среднее Солнце будет то отставать от видимого,

то уходить вперед от него; только 4 раза в году среднее Солнце и центр видимого Солнца совпадают, и уравнение времени равно нулю. Точное вычисление уравнения времени, т.-е. числа минут и секунд, на которые среднее Солнце отстало или ушло вперед от видимого, представляет весьма трудную задачу, требующую даже знания высшей математики. Уравнение времени вычисляется астрономами вперед для полудня каждого дня данного года и помещается в таблицах. Из года в год оно немного также изменяется. Вот краткая табличка для приблизительного вычисления времени.

**В истинный полдень наши часы должны показывать:**

| | | ч. | м. | | | ч. | м. | | | ч. | м. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Января | 1... | 12 | 3 | Мая | 1... | 11 | 57 | Сентября | 1... | 12 | 0 |
| „ | 15... | | 9 | „ | 15... | | 56 | „ | 15... | 11 | 55 |
| Февраля | 1... | | 14 | Июня | 1.. | 11 | 58 | Октября | 1... | | 50 |
| „ | 15... | | 14 | „ | 15... | 12 | 0 | „ | 15... | | 46 |
| Марта | 1... | | 13 | Июля | 1... | | 3 | Ноября | 1... | | 44 |
| „ | 15... | | 9 | „ | 15... | | 6 | „ | 15. . | | 45 |
| Апреля | 1... | | 4 | Августа | 1... | | 6 | Декабря | 1... | | 49 |
| „ | 15... | 12 | 0 | „ | 15... | | 4 | „ | 15... | 11 | 55 |

Таким образом, имея при себе эту табличку, мы всегда можем с точностью до минуты определить поправку наших средних часов. Например, если 15 мая мы с помощью прибора, изображенного на рис. 108, определяли момент истинного полудня по нашим часам и нашли, что он случился по нашим часам в 2 ми-

нуты первого пополудни, то, значит, наши часы ушли вперед на 6 минут, так как на самом деле они должны были бы показывать только 11 час. 56 мин. Для промежуточных дней уравнение времени можно высчитать приближенно. Например, 5 марта уравнение времени в полдень найдется так: за 14 суток, от 1 до 15 марта, уравнение времени уменьшилось на 4 минуты (с 13 на 9); за 4 суток оно уменьшится на 1 минуту, значит, в истинный полдень 5 марта средние часы должны показывать около 12 минут первого. Как более точно вычислить поправку средних часов, читатели могут найти в „Русском Астрономическом Календаре", постоянная часть.

По движению воображаемого среднего Солнца и стреляет в Петропавловской крепости Ленинграда пушка, именно в средний полдень. Сигнал подается (путем автоматического замыкания тока) из Пулковской астрономической обсерватории, где установлены превосходные часы, идущие по среднему времени, или средние часы. Они установлены в подвале, где весь год не меняется температура, и ход часов часто проверяется путем наблюдений звезд.

Вот каковы трудности правильного счета времени. Не меньшие трудности встретились астрономам и при изобретении календаря. Календарь должен быть устроен так, чтобы начало времен года, т.-е. весны, лета, осени и зимы, приходилось всегда на одни и те же числа по календарю. Весна начинается тогда, когда после зимы

день делается равен ночи; в это именно время центр Солнца вступает на экватор в точке ♈ (см. рис. 113); половина экватора *ЭК* находится над горизонтом *ЮС*, половина под горизонтом, и потому день бывает равен ночи. К 22 июня Солнце выше всего поднимается над экватором в северное полушарие неба и достигает наибольшего удаления от экватора в точке *Л;* тогда оно за сутки 22 июня движется уже по кругу *ЛР* (параллельно *ЭК*); большая часть этого круга лежит над горизонтом, меньшая — под горизонтом; день будет самый длинный, ночь — самая короткая, и наступает начало лета. 23 сентября Солнце возвращается на экватор в точке осеннего равноденствия ♎ и наступает осень. К 22 декабря Солнце удаляется от экватора в южное полушарие неба и достигает наибольшего удаления от экватора в точке *Т*; тогда кругом суточного движения Солнца будет круг *ТГ*, которого бо́льшая часть под горизонтом, тогда день будет самый короткий, и наступает зима. Итак, календарь должен согласоваться с кажущимся годовым движением Солнца. Это хорошо понимали уже в древности, но далеко не сразу добились изобретения точного календаря. В древности уже определяли время года по вступлению Солнца в то или иное созвездие Зодиака, но далеко не сразу установили точно, в какой день года должно начинать каждое из четырех времен года. Трудность заключалась главным образом в определении длины года.

Годом астрономы называют промежуток времени между двумя последовательными вступлениями центра Солнца в точку весеннего равноденствия, т. е. между двумя наступлениями весны. Предстояло решить вопрос: сколько же средних или звездных суток содержит такой год? Проще всего было бы решить вопрос так: заметить, через сколько суток центр Солнца возвращается к одной и той же звезде (из созвездий Зодиака), для этого нужно было бы только наблюдать ежедневно кульминации этой звезды и сосчитать, сколько их было в течение большого количества лет, например, в течение ста лет. Оказалось бы, что число таких кульминаций за сто лет нужно было бы считать между 36.625 и 36.626; значит, Солнце возвращается к одной и той же звезде больше, чем через $366^{25}/_{100}$, и меньше, чем через $366^{26}/_{100}$ звездных суток. Но такой год был бы не тем, какой нам нужен. Дело в том, что точка ♈, возвращение к которой Солнца начинает наш год, не остается на месте, в одной и той же точке эклиптики, но очень медленно передвигается. Это удивительное явление открыто Гиппархом и замечено им было потому, что прямые восхождения звезд со времени наблюдений астрономов, живших за 150 лет до него, увеличились. Так как прямые восхождения считаются от точки ♈ к востоку, значит, эта точка должна была постоянно отступать к западу.

Оказалось затем, что отступление точки ♈ равно 50 секундам дуги в год. Гиппарх назвал явление *предварением равноденствий* (почему, увидим ниже), но не знал его причины. Причину объяснил уже только через 18 веков великий Ньютон. Вот в чем состоит объяснение.

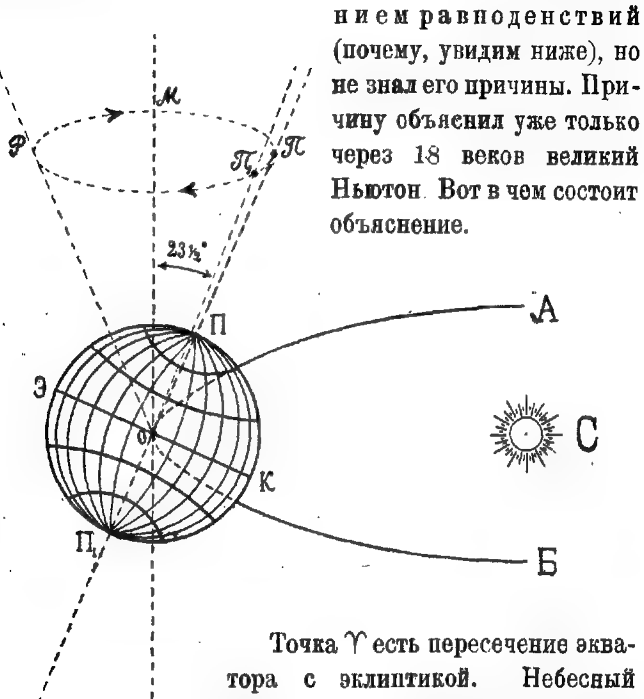



Рис. 114. Движение земной оси.

Точка ♈ есть пересечение экватора с эклиптикой. Небесный экватор есть пересечение с небесною сферой продолженного Земного экватора, эклиптика на сфере есть пересечение со сферой продолженной плоскости земной орбиты. Если точка пересечения ♈ экватора с эклиптикой на сфере передвигается

(рис. 113), то это значит, что земной экватор имеет какое-то особенное движение. А если это так, то должна иметь движение и земная ось, с которою земной экватор неизменно связан (экватор есть большой круг земного шара, перпендикулярный к оси Земли). Движение это нужно представлять себе так (рис. 114).

Центр земного шара *О* движется по орбите *АБ* вокруг солнца *С* в течение года, а земной шар вокруг своей оси $ПП_1$ в течение суток. Земная ось расположена не перпендикулярно к плоскости орбиты *АБ* (к эклиптике), но наклонена к ней под углом в $66^1/_2$ градусов, так что между экватором *ЭК* и эклиптикой *АБ* образуется угол в $23^1/_2$ градуса. Вообразим из центра земли прямую *ОМ* под прямым углом (перпендикулярную) к эклиптике *АБ*. Тогда между земною осью *ОП* (или осью мира) и линией *ОМ* образуется угол также в $23^1/_2$ градуса. Когда Земля, сделавши полный оборот вокруг Солнца, вернется через год в точку *О*, земная ось *ОП* не будет уже в прежнем положении, но займет новое положение, описывая вокруг линии *ОМ* поверхность конуса *ОПР*, так что между прежним и новым положениями, *ОП* и $ОП_1$, образуется угол в 20 секунд. Но при этом угол между *ОП* и *ОМ* не изменяется. С каждым годом положение земной оси будет изменяться на незначительный угол в 20 сек.; и только через 25.800 лет земная ось придет в прежнее свое положение *ОП*. Отчего же может происходить такое коническое колебание земной оси?

Чтобы хотя несколько пояснить это, припомним вращение обыкновенного волчка. Если волчок хорошо выточен и уравновешен относительно своей оси вращения *ОП* (рис. 115), то он будет вращаться по поверхности стола *АБ* так, что ось будет всегда занимать положение *ОМ*, перпендикулярное к *АБ*. Но если наклонить ось вращающегося волчка, прилепив, например, на его экватор *эк* кусочек воска, то ось его будет описывать поверхность конуса вокруг отвесной линии *ОМ*, при чем движение оси будет гораздо медленнее вращения волчка.

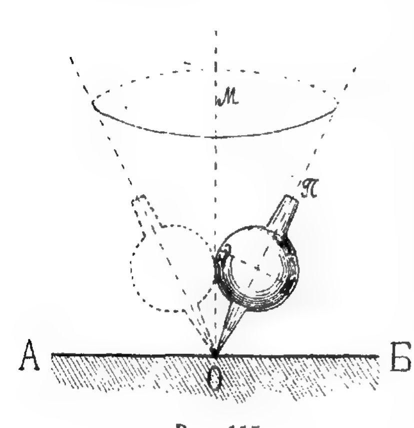


Рис. 115.

То же самое, как объяснил Ньютон, должно происходить с земным шаром. Земля не точный шар; она приплюснута у полюсов и имеет вид, изображенный (грубо) на рис. 116. Расстояние от центра до полюса *ОП* на 20 почти верст короче расстояния от центра до экватора *ОЭ*. Если внутри Земли мысленно вырезать шар радиусом *ОП*, то вокруг Земли получится как бы кора, оболочка, заштрихованная на рисунке. Солнце пусть находится в направлении *ОС*. Часть оболочки $ПТП_1$

притягивается Солнцем сильнее части *ПЛП*$_1$, так как первая часть **ближе** к Солнцу. Вот это неравенство притяжений и нарушает равновесие земной оси, как кусочек воска в опыте с волчком, и заставляет земную ось описывать поверхность конуса. Нужно заметить еще, что подобное же, но более сильное влияние оказывает на земную ось Луна, которая почти в 400 раз ближе к Земле, чем Солнце.




Рис. 116. Причина движения земной оси.

Что же произойдет вследствие конического векового движения **земной** оси? Как мы его заметим на звездном небе? Получается два главных следствия. Первое изображено на рис. 117. Здесь *ПП*$_1$ есть земная ось, *ЭК* — небесный экватор, *ЛТ*—эклиптика, *ОМ* — линия, перпендикулярная к эклиптике. Если ось Земли *ПП*$_1$ будет описывать поверхность конуса вокруг линии *ОМ*, так что взаимное наклонение этих линий все время остается то же самое ($23^1/_2$ градуса), то равноденственные точки ♈ и ♎ будут передвигаться по эклиптике *ЛТ* в том же направлении (**от востока к западу**) и через 25.800 с лишком лет только будут возвращаться в прежнее свое положение. Поэтому будут изме-

няться и прямые восхождения звезд, считаемые от точки ♈. Кроме того, так как точка ♈ передвигается по эклиптике навстречу годовому движению Земли, то Земля будет возвращаться к положению весеннего равноденствия раньше, чем к одной и той же точке своей орбиты, а Солнце будет возвращаться (в своем кажущемся движении) к точке ♈ раньше, чем к одной и той же звезде. Вот почему явление и было названо **предварением** (предупреждением) **равноденствий**. Поэтому для построения календаря приходится брать за продолжительность года величину меньшую, чем время полного оборота Земли вокруг Солнца, а именно календарный год должен содержать 366 $\frac{2422}{10000}$ звездных суток, или 356 $\frac{2422}{10000}$ средних солнечных суток, полный же оборот Земли содержит 365 $\frac{2564}{10000}$ средних суток. Другое следствие движения земной оси также весьма любопытно. Так как земная ось описывает поверхность конуса, то **полюс мира**, т.-е. **та кажущаяся точка**, в которой ось пересекает небосвод, должна описывать на небе круг радиусом, равным дуге в $23^1/_2$ градуса. Следовательно, около полюса в течение длинного периода в 25.800 лет должны оказываться различные звезды, и потому **полярными** в различные времена должны быть различные звезды. Так оно и есть на самом деле. Во времена Гиппарха наша Полярная звезда была далека от полюса, приблизительно, в 11 градусах от него, тогда как теперь она находится только на расстоянии $1^1/_4$ градуса от полюса. Через 12 тысяч

лет, в 14000 году полярною будет прекрасная звезда Вега в созвездии Лиры, которая теперь находится на расстоянии около 50 градусов от полюса. Это вековое движение полюса мира изображено на рис. 118; полюс движется по кругу вокруг некоторой точки, называемой

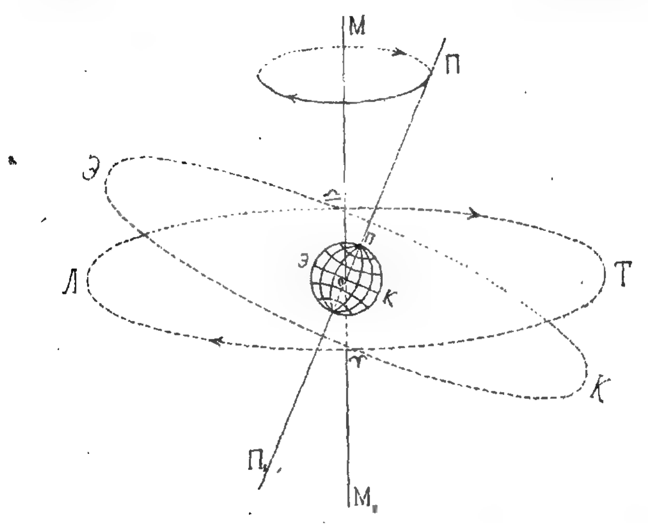



Рис. 117. Движение равноденственных точек.

полюсом эклиптики (это конец линии *ОМ* рисунка 117).

Итак, календарный год должен содержать 365 $\frac{2422}{10000}$ средних солнечных суток, или около **365 сут. 5 час. 48 мин. 46 сек.** Прежде не знали точной продолжительности года и до времен Юлия Цезаря, римского императора, считали год большею частью по движению луны.

Новолуние возвращается через $29^1/_2$ средних суток (см. бес. I, стр. 25—27). Брали 12 лунных месяцев, попеременно по 29 и по 30 суток, и составляли год в 354 дня. Конечно, такой календарь не согласовался с течением времен года и уходил вперед на 11 суток ежегодно. Равноденствие постепенно переходило в разные месяцы года. Получалась путаница, которую в древнем Риме брались исправлять римские жрецы, вставляя по своему усмотрению лишние месяцы. Наконец, путаница стала так велика и неудобна для государственной жизни, что Юлий Цезарь незадолго до нашей эры вызвал в Рим александрийского математика Созигена для исправления календаря. Созиген принял продолжительность года в $365^1/_4$ суток, или 365 сут. 6 часов, и таким образом установился так называемый юлианский, или старый, стиль летосчисления. В гражданской жизни год считался ровно в 365 суток, а остающиеся четверти суток, которые через 4 года накоплялись до полных суток, прибавлялись в високосном году к февралю месяцу (29 дней вместо 28). Первый год нашей эры считается високосным, поэтому високосными были 4, 8, 12 и т. д. года нашей эры, т.-е. все года, числа которых делятся нацело на 4. Равноденствие во времена Юлия Цезаря падало на 24 марта.

Ясно, что Созигенов календарь не был точным. Год был принят на 11 мин. 14 сек. или на $\frac{78}{10000}$ года длиннее, чем следовало ($^1/_4$ содержит $\frac{2500}{10000}$, что на $\frac{78}{10000}$ больше дроби $\frac{2422}{10000}$). Календарь отставал от течения времен

года, и в 128 лет это отставание достигало целых суток (надо 10.000 разделить на 78). Поэтому, когда в 325

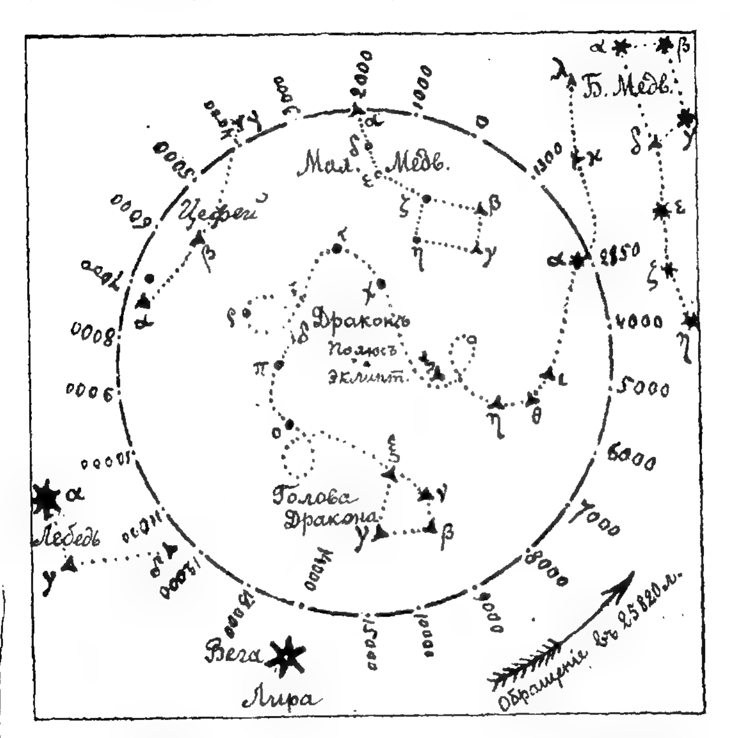



Рис. 118. Вековое перемещение полюса мира вокруг полюса эклиптики.

году собрался вселенский церковный собор в Никее, календарь разошелся с временами года уже на трое по-

чти суток, и равноденствие наступило уже не 24, а 21 марта. Отцы церкви и постановили начинать весну 21 марта, но причины ошибки календаря не устранили. Так шло дело до конца XVI века, когда римским папой стал Григорий XIII. Он решил исправить календарь. К тому времени ошибка накопилась уже до 10 суток, равноденствие падало уже на 11 марта. Папа вызвал в Рим из Калабрии математика Лилио и с его помощью изменил календарь. Лилио предложил поступить так. В юлианском счислении целые сутки накопляются в 128 лет, значит, в 400 лет накопляется немного больше трех суток. Нужно поэтому выкинуть из юлианского счета трое суток в каждые 400 лет, и тогда получится более точный календарь. Способ для этого был придуман такой: года столетий 1600, 1700, 1800, 1900, 2000 и т. д. в юлианском стиле все високосные, а в новом стиле не все; именно, високосные только 1600, 2000, 2400 и т. д., т.-е. такие, у которых число сотен (16. 20, 24) делятся на 4, прочие года простые. Тогда как раз из 400 лет будут выкинуты трое суток. Трое суток на 400 лет составляют $^3/_{400}$ доли суток на один год; значит, продолжительность года в новом стиле равна 365 $\frac{2500}{10000}$ без $\frac{75}{10000}$ $\left(\frac{3}{400}=\frac{75}{10000}\right)$, или 365 $\frac{2425}{10000}$ суткам. Разница от истинной продолжительности года $\left(365\ \frac{2422}{10000}\right)$ выходит только $\frac{3}{10000}$, и одни сутки накопляются только в 3.300 слишком лет. Чтобы вернуть весеннее равноденствие к 21 марта, папа Григорий XIII приказал во всех католических землях считать вместо 5 октября

1582 года 15 октября. Новый стиль был назван **грегорианским**. Он теперь принят всюду в цивилизованных странах Европы и Америки. У нас он введен Рабоче-Крестьянским правительством в 1918 году.

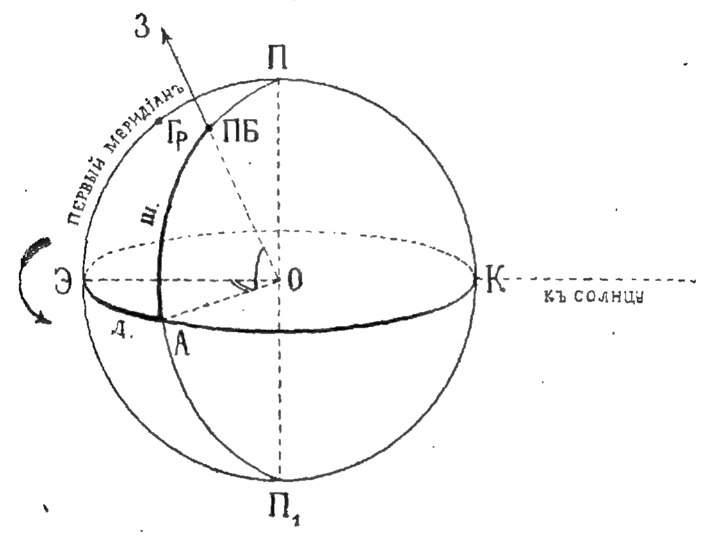



Рис. 119. Долгота и широта.

Так была решена многовековая задача об измерении времени. Вместе с нею постепенно разрешился точно и вопрос об определении положений мест на земной поверхности. Как известно, положение места на поверхности земного шара определяется его долготой и широтой. Через данное место, например, Ленинград (см. рис. 119, место *ПБ*), и полюсы земли *П* и *П*$_1$ проводят

меридиан места *ППБП*$_1$. Пусть он пересечет экватор *ЭК* в точке *А*. Некоторый другой меридиан *ПЭП*$_1$, проходящий, скажем, через Гринич (главная английская обсерватория близ Лондона), принимают за первый меридиан. Тогда дуга меридиана *АПБ* между экватором и данным местом будет широта места, а дуга экватора *ЭА* между первым меридианом и местным меридианом будет долгота места. Широта считается к северу и к югу от экватора (северная и южная), а долгота — к востоку и западу от первого меридиана (восточная и западная). Для определения долготы нужно знать только, сколько времени в данный момент считают на местном и на первом меридиане. Время это будет различно, так как вследствие вращения Земли с запада на восток полдень наступает на восточных меридианах раньше, чем западных. Эта разница времени и определяет долготу. Например, когда в Ленинграде полдень, в Гриниче считают только 9 час. 58 мин. 47 сек. утра. Значит, Ленинград имеет восточную долготу от Гринича, равную 2 часам 1 мин. 13 сек. во времени, или 30 градусам 18 мин. 15 сек. в дуге. Теперь определение долгот мест производится наиболее точно по телеграфу. Два наблюдателя определяют в один и тот же момент по наблюдениям звезд или Солнца звездное или среднее время на своих меридианах, проверяют свои часы и передают найденные времена друг другу по телеграфу. Теперь это удобнее всего производится по беспроволочному телеграфу.

Если на рис. 119 проведем отвесную линию места *ПБ* (в центр земли) *ОЗ*, то увидим, что широта *АПБ* измеряет угол между отвесной линией и плоскостью экватора (на рис. этот угол отчеркнут одной чертой). Взглянув теперь на рис. 106, мы увидим, что этот же угол на сфере измеряется дугой *ЗЭ* (по меридиану) от зенита данного места до экватора. Мы знаем, как определить эту дугу (см. стр. 303); значит, знаем теперь, и как определяется широта места. Дуга *ЭЗ* на рис. 107 равна дуге *ПС*, т.-е. высоте полюса мира над горизонтом (так как дуга *ЮЗ* равна дуге *ЕП* — обе по 90 градусов). Значит, можно сказать, что широта места всегда равна высоте полюса мира. Высоту же полюса мира над горизонтом нетрудно определить с точностью до одного градуса, например, по высоте Полярной звезды, так как Полярная находится всего в $1^1/_4$ градуса от полюса. Для этой цели может служить весьма простой инструмент, изображенный на рис. 120. Это четверть круга (квадрант), окружность которого разделена на 90 градусов. На одной из сторон прямого угла прикреплены две равной высоты булавки с маленькими отверстиями на верхних концах. В центре повешен отвес. Если направить линию двух булавочных отверстий на Полярную, при чем квадрант надо держать по отвесу делением 90 к себе, то отвес укажет число градусов, равное высоте Полярной, т.-е., приблизительно, широте места. Еще точнее будет измерение, если мы будем знать моменты кульминаций Полярной звезды,

т.-е. моменты, когда она находится на меридиане. Если в этот момент ее высота определена точно, то высоту полюса получим, прибавляя (если кульминация нижняя) *или отнимая* (если кульминация верхняя) $1^1/_4$ градуса от высоты Полярной. Конечно, таким грубым прибором, как квадрант, нельзя определить широту места точнее, чем до одного градуса. Моменты кульминаций Полярной даются в „Русском Астрономическом Календаре“ на каждый год (переменная часть).

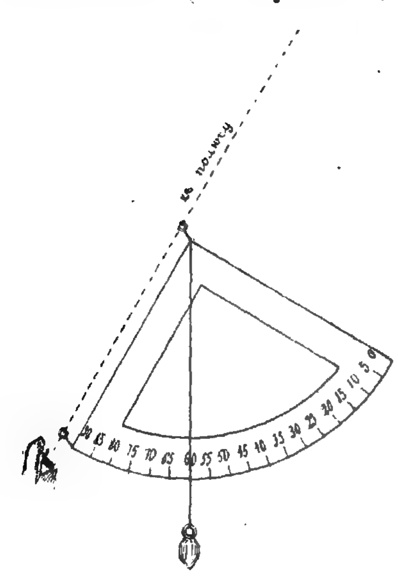



Рис. 120. Определение широты места.

Мы видим теперь, к решению каких важных и полезных задач привело наблюдение движения звезд. И было время, когда решением этих задач исчерпывалось все содержание астрономии. Далее, как мы видели в беседе III, изучение *движений* планет привело к созданию целого астрономического учения Птолемея, которое уступило место более правильному учению Коперника, а последнее постепенно превратилось

в стройное, величественное здание планетной механики — науки о движении планет и вообще небесных светил, подчиненных в своем движении закону всеобщего тяготения. Изучение движений планет и создание планетной механики было бы невозможно, если бы не были решены разобранные нами выше основные задачи астрономии, не были внимательно изучены кажущееся суточное движение звезд и годовое движение Солнца. Что же такое звезды, изучение движений которых принесло столько пользы людям?

Было время, когда звезды считались блестящими точками хрустальной небесной сферы. Еще лет 50 назад на поставленный выше вопрос можно было ответить только, что звезды — громадные светила, удаленные от нас на такие расстояния, что кажутся нам светящимися точками. И только в 1839 году оказалось возможным путем наблюдений подтвердить великую мысль Джордано Бруно о том, что звезды — солнца и что в неизмеримых безднах пространства мы можем представлять себе миллионы миров, подобных нашей планетной системе.

Первое подтверждение мысли Бруно о природе звезд получилось тогда, когда научились измерять их расстояния. Из беседы I о Луне мы знаем, что для определения расстояния до недоступного предмета (см. стр. 14—18) нужно измерить на земле определенное расстояние (базис) и с концов его измерить углы, заключенные между базисом и направлениями на предмет; после этого нетрудно узнать, во сколько раз расстояние от одного конца

базиса до предмета больше длины базиса. Чем дальше предмет, тем больше нужно брать базис. Для звезд базис выходит так велик, что не хватает даже поперечника земного шара (12 тыс. верст): с концов такого базиса не усматривается никакой разницы в направлениях на звезду. Базисом пришлось взять самое большое расстояние, какое только доступно наблюдателю на земле, — поперечник земной орбиты, содержащий 280 миллионов верст. Но даже и этого базиса оказалось большею частью недостаточно. В первый раз расстояние до звезды определил знаменитый немецкий ученый — творец современной практической астрономии Фридрих Бессель (1784—1846). Он довел точность измерений углов до $^1/_{10}$ секунды дуги и определил в 1839 г. расстояние звезды 61 в созвездии Лебедя. Чтобы понять сущность способа, которым пользовался Бессель предположим для простоты, что звезда находится в плоскости орбиты земли *АБ* (рис. 122), и мы наблюдаем ее с противоположных точек орбиты *А* и *Б* (например, 1 января и 1 июля); нужно постараться уловить, если только возможно, незначительную разницу в направлениях *АЗ* и *БЗ* на звезду в два момента. Для этой цели выбирают звезду *Е*, расстояние которой недоступно измерению, т.-е. такую, что направления на нее с *А* и с *Б* (*АЕ* и *БЕ*) оказываются для нас параллельными и измеряют углы *ЕАЗ* и *ЕБЗ*. Разность этих углов и выразит разницу в направлениях *АЗ* и *БЗ* или, иначе, угол *АЗБ*, под которым со звезды ви-

ден диаметр земной орбиты. Половина этого угла называется у астрономов **параллаксом** звезды. Для 61-й Лебедя параллакс, по новейшим измерениям, оказался равным $^3/_{10}$ секунды дуги; этому параллаксу



Рис. 121. Ф. Бессель.

отвечает такое огромное расстояние, которое свет проходит только в 11 лет. Самое близкое расстояние в 4 „световых года“ получилось для звезды $\alpha$ Центавра (в южном полушарии неба); ее параллакс оказался всего в $^3/_4$ секунды. Первое определение этого расстоя-

ния произвел английский астроном Гендерсон и опубликовал его тоже в 1839 г. После целого ряда такого рода труднейших измерений, требовавших большого искусства, астрономы нашли, что только несколько десятков звезд обладают параллаксом между $^1/_{10}$ и $^3/_4$ секунды. О расстояниях же других звезд мы можем судить только предположительно, так как их параллаксы меньше $^1/_{10}$ секунды, а расстояния больше 2062650 солнечных расстояний (больше 30 „световых годов"). Мы можем предположить, например, что каждая звезда испускает одинаковое с прочими количество света и что различная яркость звезд зависит только от расстояния (яркость обратно пропорциональна квадрату расстояния, т.-е. если расстояние увеличить вдвое, яркость уменьшается вчетверо ($2 \times 2$), если расстояние увеличить втрое, яркость уменьшается в девять раз ($3 \times 3$), и т. д.). Тогда, взяв за единицу среднее расстояние звезд первой величины, например, $\alpha$ Центавра, Сириуса, Веги и др., и зная, что звезда следующей величины светит в $2^1/_2$ раза менее ярко, чем звезда предыдущей величины, сможем вычислить предположительные или, как говорят, гипотетические расстояния звезд различных величин. Конечно, вывод будет далеко не вполне верный, но если принять в расчет миллионы звезд, известных нам, то в среднем, в общем мы будем не слишком далеки от истины, хотя в частных случаях всегда будут возможны ошибки, даже крупные.

Например, звезда 61-я Лебедя 7-й величины оказалась гораздо ближе Сириуса и многих других звезд первой величины. Но, во всяком случае, мы теперь знаем уверенно, что размеры звездного мира громадны и измеряются, вероятно, тысячами световых лет.

Далее обнаружилось, что большинство звезд имеют собственные движения. Оказалось, что звезды с течением времени изменяют свое положение на небосводе, но расстояния их так громадны, что мы в целые тысячелетия не замечаем таких перемен. Самое бы-

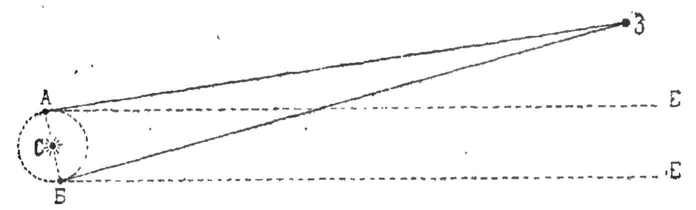



Рис. 122. Определение звездных расстояний.

строе движение наблюдалось лишь в 10 секунд дуги за год.

Подробное изучение собственных движений звезд привело к весьма важному и интересному открытию. Оказалось, что Солнце (тоже одна из звезд) со всеми движущимися вокруг него планетами летит со скоростью около 18 верст в секунду по направлению к созвездию Лиры.

Это было обнаружено следующим образом. Когда были определены собственные движения на небе мно-

гих звезд, то оказалось, что хотя в каждой части неба есть звезды, движущиеся по самым разнообразным направлениям, но все же во всех движениях звезд на всем небе есть нечто общее: в среднем, звезды стремятся уйти от созвездия Лиры; есть звезды, которые движутся и к этому созвездию, но преобладают по числу такие, которые движутся от него. Это явление естественно объясняется тем, что наше Солнце движется к этому созвездию. При помощи же спектрального анализа удалось определить и скорость его движения.

Таким образом, из астрономии понемногу исчезло понятие о неизменности звездного мира; он оказался подверженным таким же переменам, как и все на свете, только мы с нашей Земли простым, невооруженным глазом не замечаем этих перемен в течение тысяч лет по причине их кажущейся медленности.

Однако, более полное понятие о природе звезд получилось только после того, как к наблюдениям в телескоп был приспособлен еще спектроскоп (см. беседу II, стр. 107—12). Спектры звезд оказались подобными спектру Солнца: в них также были обнаружены темные фраунгоферовы линии. Эти линии показывают, что, подобно Солнцу, звезды суть сильно раскаленные газообразные тела, окруженные более холодною оболочкою; эта оболочка поглощает некоторые лучи спектра и производит темные линии. Спектры звезд оказались различных видов, и любопытно то, что удалось установить связь между цветом звезды и видом (типом) ее спектра.

Оказалось, что голубовато-белые и белые звезды (Вега, Ригель и еще несколько Орионовых звезд, Сириус, Спика, Процион, Альтаир, Альголь и др.) дают спектр, в котором сильна фиолетовая часть и слаба красная; фраунгоферовы линии иногда вместо темных оказываются светлыми, т.-е. более светлыми, чем окружающие цвета спектра. Это доказывает, что голубовато-белые и белые звезды суть светила наиболее раскаленные. Следующий тип спектра такой, в котором фиолетовая и желтая части одинаковой силы, как у Солнца. Его дают желтоватые и желтые звезды (Капелла, Арктур и др.). Строение этих звезд нужно признать весьма близким к строению Солнца. Наконец, красные звезды (Альдебаран, Антарес, Дивная в созвездии Кита) и множество так называемых переменных звезд дают спектр с совершенно слабой фиолетовой частью и с широкими темными полосами. Это потухающие, охлажденные светила. Между указанными резкими типами звездных спектров существует ряд переходных ступеней, и по ним можно представить себе ход развития и потухания звезды. Если мы начнем с самой раскаленной ступени, с звезды голубовато-белого цвета, то можем представить себе, что вначале высокая температура внутренней массы газов и паров мешает быстрому охлаждению поверхности звезды; более охлажденные частицы на поверхности делаются более тяжелыми, опускаются к центру звезды и отсюда вследствие сильного нагревания выталкиваются снова наверх. Таким

образом происходит, при помощи нисходящих и восходящих газовых токов, постоянный обмен между поверхностью и ядром звезды, что и мешает поверхности быстро охладиться. Но постепенно звезда уплотняется, ее вещество сгущается вследствие потери тепла в пространство; движение токов замедляется, и поверхность начинает охлаждаться сильнее. Наступает время желтого цвета, звезды, когда в спектре ее во всех частях появляются темные линии. Охлаждение подвигается вперед, звезда начинает испускать преимущественно красные лучи спектра, и тогда в спектре оказываются широкие темные полосы, указывающие на сильное охлаждение газов, составляющих оболочку звезды.

Очень интересным и важным выводом „спектрального анализа“ нужно считать установление единства вещества во вселенной. Многие линии в спектрах звезд принадлежат веществам, хорошо знакомым нам на Земле. Как и в спектре Солнца, найдены линии водорода, гелия, железа, кальция (составной элемент извести), магния, натрия и других веществ. Таким образом, наконец, вполне оправдалась мысль, гениально отгаданная Бруно. Звезды, действительно, оказались солнцами и должны проходить те же ступени развития теплоты и света, что и Солнце, переходя постепенно от одной ступени к другой, превращаясь постепенно в охлажденные темные тела, подобные Земле.

Что в неизмеримых глубинах пространства существуют и темные светила, это доказывается наблюдениями над **переменными звездами**. Первую такого рода звезду открыл в 1596 году **Даниил Фабрициус**. Это была Дивная в созвездии **Кита** (обозначается она буквой o). Дивная изменяет свой блеск очень неправильно в течение приблизительно одиннадцати месяцев: она то блестит, как звезда третьей величины, то совершенно исчезает для невооруженного глаза. Впоследствии открыли еще несколько сотен звезд такого же типа. Все они красного цвета и представляют собою, очевидно, потухающие светила, на которых, вероятно, повременам появляются громадные и многочисленные темные пятна. Но для нас сейчас более интересны переменные звезды другого типа — звезды, правильно изменяющие свой блеск. Самый доступный и любопытный пример этого рода представляет звезда Альголь, или β, в созвездии Персея. Двое суток и 11 часов эта звезда сияет, как звезда второй величины, затем в течение $4^1/_2$ часов ее блеск постепенно померкает до третьей величины, а потом снова в течение $4^1/_2$ часов усиливается до второй величины. Такие замечательно правильные изменения блеска можно объяснить только следующим предположением. Вокруг звезды должен двигаться крупный темный или слабо светящийся спутник, который, проходя между нашим глазом и звездой, на 9 часов несколько закрывает ее и уменьшает количество доходящего до нас света. Время обращения

темного спутника равно двум суткам и 20 часам. Переменных звезд известно несколько тысяч, и наблюдения их даже любителями могут иметь значительную научную ценность. Инструкцию к наблюдениям переменных звезд можно найти в „Путеводителе по небу“ профессора К. Покровского; название некоторых переменных звезд и характер их изменений приведены в „Русском Астрономическом Календаре“, постоянная часть.

Существование темных тел в междузвездных пространствах доказывается наглядно также внезапным появлением новых звезд. Особенно замечательна была звезда 1572 года в созвездии Кассиопеи. Ее наблюдал Тихо Браге, и она, повидимому, натолкнула его на пристальное изучение астрономии. Она появилась внезапно в ноябре и сияла ярче Сириуса, а затем даже ярче Венеры. В декабре она стала потухать и исчезла совсем в марте 1574 г. Цвет ее изменился из белого в желтый и красный. Подобную же, но менее яркую новую звезду наблюдал Кеплер в 1604 — 1605 годах в созвездии Змееносца. В новое время весьма интересной была звезда 1901 года в созвездии Персея. Она появилась в феврале и блистала вскоре ярче Капеллы. После довольно правильных колебаний блеска она постепенно ослабела и исчезла к концу года. Очень яркие новые звезды появились в 1918 г. в созвездии Орла и в 1920 — в Лебеде. Появление новых звезд можно объяснить различными предположениями: можно предположить, что внезапное появле-

ние света произошло от столкновения двух темных (или слабых по своему свету) тел, или же, быть может, перед нами было здесь излияние внутренней расплавленной массы, прорвавшей уже охлажденную темную кору. Во всяком случае, существование темных тел среди звезд несомненно.

Таким образом, в мире звезд, окружающих нас, могут существовать планетные системы, подобные нашей солнечной системе. Спросим теперь себя, как же, по каким законам совершается движение внутри этих систем? Подчинено ли оно, как у нас, закону тяготения? Мы видели, что движение комет и метеорных потоков подчиняется этому великому закону. Не теряет ли закон своей силы на неизмеримых звездных расстояниях? Есть ли это действительно всеобщий закон? Ответ на эти вопросы дают двойные звезды. Так называются звезды, которые невооруженный глаз не разлагает на две составляющих звезды, но которые в телескоп оказываются парою звезд, очень близких друг к другу. Здесь при суждении о зрительном впечатлении возможна ошибка. Звезды на самом деле могут быть очень далеки друг от друга, но казаться близкими потому, что лежат почти на одном „луче зрения“. Это положение двух звезд изображено на рисунке 122.

Физически связанной парой звезд нужно считать только такую, где звезды обладают некоторым совместным движением. Расстояние таких физических двой-

ных звезд бывает обыкновенно очень незначительно. Установить физическую связь между парой звезд можно только после долгого изучения их относительного движения. Тогда оказывается, что обе звезды описывают замкнутые орбиты вокруг общего центра тяжести, или если одна из составляющих звезд значительно превосходит по массе другую, то кажется, что меньшая звезда описывает орбиту вокруг большей. Изучение подобных орбит показало, что движение двойных звезд подчинено первому и второму законам Кеплера (см. бес. III, стр. 182—84), т.-е. что звезды описывают эллипсы вокруг общего фокуса, а площади, проходимые линией, соединяющей обе звезды, в равные времена, равны между собою. На рисунке 123 изображена орбита одной из составляющих звезд двойной звезды γ в созвездии Девы. Расстояние между составляющими пары (наибольшее) равно пяти секундам дуги, время оборота около 180 лет. Движение двойных звезд—по законам Кеплера и доказывает, что закон Ньютона не теряет своей силы даже на неизмеримых звездных расстояниях. Оказалось возможным только для нескольких двойных звезд измерить их расстояние от нашего солнца. Одна из таких звезд — Сириус, или α, в созвездии Боль-

Рис. 123. Кажущаяся двойная звезда.

щого Пса — самая яркая звезда неба. Двойственность Сириуса была предсказана заранее знаменитым Бесселем. Изучая собственное движение Сириуса, Бессель нашел, что Сириус описывает извилистую, а не прямую линию. Такое движение Бессель правильно приписал той причине, что Сириус — двойная звезда, имеет спутника, при чем обе звезды описывают замкнутые орбиты вокруг общего центра тяжести. Этот центр движется по прямой линии; складываясь вместе, оба движения, *прямолинейное* и *круговое*, и дают извилистую линию. Вывод Бесселя был подтвержден открытием спутника, которое сделал в 1862 году сын знаменитого строителя больших телескопов Альвана Кларка. Спутник оказался 14-й величины, время обращения обеих звезд — 49 лет; расстояние между звездами равно, *приблизительно*, 20 радиусам земной орбиты, расстояние их от солнца около 540.000 радиусов земной орбиты. Отсюда по правилам, данным в беседе III, стр. 193, можно вычислить общую массу двух звезд Сириуса. Она выходит, приблизительно, в три раза больше массы нашего Солнца. Подобное предсказание было сделано еще для Процiона, или $\alpha$, Малого Пса (расстояние неизвестно). Спутник был найден астрономом Шеберле на Ликской обсерватории в Калифорнии в 1898 году.

Число двойных звезд весьма велико. Существуют, как показал В. Гершель и В. Струве, еще более сложные звездные системы: тройные, четверные и вообще кратные звезды; например, $\varepsilon$ Лиры — четверная

звезда, θ Ориона также (это так называемая трапеция внутри туманности Ориона), σ Ориона — тройная. Движение звезд в таких системах также несомненно подчинено закону всеобщего тяготения, но движения должны быть так сложны, что изучение их не поддается сред-

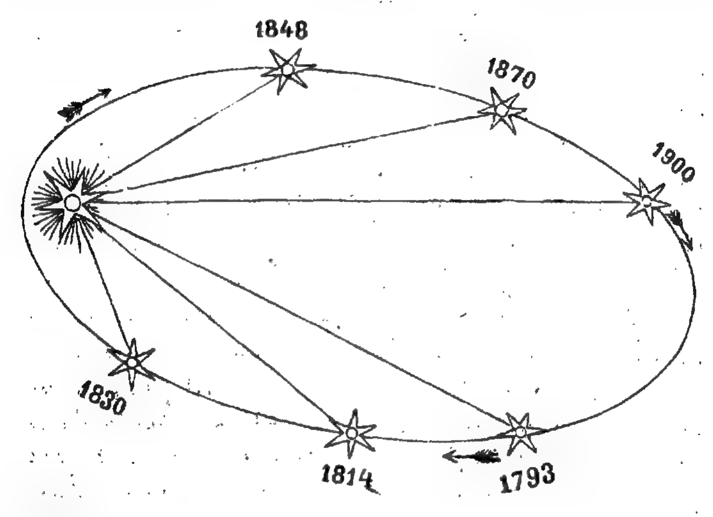



Рис. 124. Орбита γ Девы.

ствам современного „математического анализа“. Эти системы совершенно не похожи на нашу солнечную систему. У нас центральное светило — Солнце преобладает над всеми другими телами, превосходя их по массе в 750 раз (см. бес. III, стр. 199—200); расстояния между планетами весьма значительны по сравнению с их мас-

сами. Поэтому влияния планет друг на друга выходят весьма малыми, и движение незначительно отступает от законов Кеплера. Это и дало возможность приближенно разрешить в приложении к нашей планетной системе знаменитую „задачу о трех телах“ (см. стр. 199—201). Совершенно иное дело системы кратных звезд. Там движутся солнца, вероятно, мало отличающиеся друг от друга по массе, и потому движение должно быть весьма сложным, так что законы Кеплера, даже приблизительно, не будут выражать его.

Еще более сложные системы представляют собою так называемые звездные скопления или звездные кучи. Самый доступный пример таких скоплений — Плеяды (Стожары) в созвездии Тельца (см. рис. 124). Глаз различает в них от шести до восьми звезд. В телескоп средней силы их видно уже свыше 200; на фотографиях их можно насчитать тысячи. Плеяды восходят у нас вечером в сентябре, вскоре после заката Солнца. Собственное движение звезд Плеяд указывает, повидимому, на то, что эти звезды представляют взаимно связанную систему солнц. Менее ясное, но все-таки видное невооруженным глазом скопление есть в созвездии Персея, возле звезды $\chi$ (по направлению от нее к созвездию Кассиопеи). В трубу здесь видны две красивые звездные кучи. Достаточно трубы с отверстием в три дюйма, чтобы убедиться в удивительной красоте этих скоплений. Менее красивое, более бедное звездами, скопление в созвездии Рака, это Ясли, также

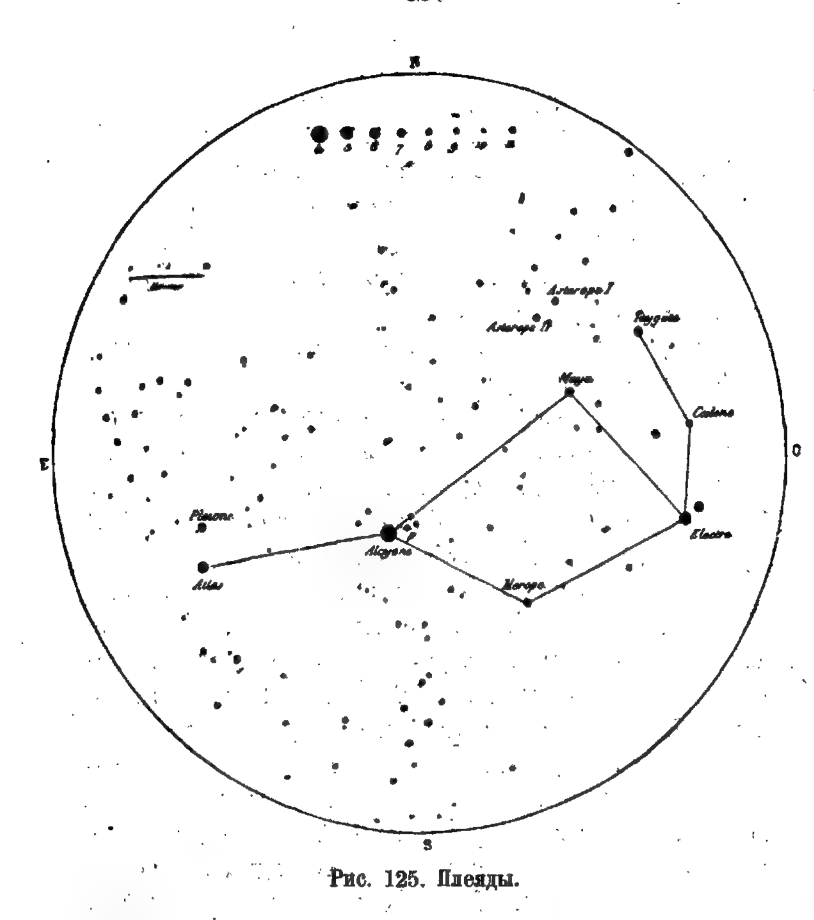



Рис. 125. Плеяды.

видные невооруженным глазом в виде туманного пятнышка. Другие звездные скопления большею частью доступны только телескопу. Особенно интересны из них

шарообразные скопления, примером которых служит скопление в созвездии Геркулеса. Фотография его изображена на рисунке 126. В нем насчитывается несколько десятков тысяч звезд. Расстояние до звездных скоплений трудно поддается определению. Но оно несомненно должно быть так велико, что наша планетная система с такого расстояния не отпечатлелась бы ни на одной фотографической пластинке. И существуют звездные скопления, которые ни один самый сильный телескоп не может разложить на отдельные звезды; они кажутся туманными пятнами. Такова туманность в созвездии Андромеды, фотография которой дана на стр. 127. Хотя эта туманность и не разложима в телескоп, можно думать, что она состоит из громадного скопления звезд, окруженных еще, быть может, общей газообразной массой. К такому заключению приводит спектроскопическое исследование. Спектр туманности Андромеды — сплошной с темными линиями, как у звезд и Солнца. Но не все туманности таковы.

Туманностями вообще называют незначительные белесоватые пятна, похожие на мелкие облачка тумана, которые сотнями тысяч рассеяны по небу. Большое количество их открыл Вильгельм Гершель, а в последнее время профессор Килер, проф. Вольф и другие при помощи фотографии. Телескоп не может решить, разложима данная туманность на отдельные звезды или нет. Но это отлично выполняет спектроскоп. В спектрах

туманностей обнаружены два ясно различимые типа. Первый тип — сплошной спектр с темными фраунгофе-



Рис. 126. Звездное скопление в Геркулесе.

ровыми линиями; второй тип — спектр газообразных тел со светлыми линиями, разделенными темными промежутками. Первый тип принадлежит звездиым ско-

плениям, второй — настоящим туманностям. Следовательно, туманность есть не что иное, как громадные массы газов и паров, движущиеся в неизмеримых глубинах пространства. Что эти массы газов испускают свет, несмотря на низкую температуру междузвездного пространства, такой факт не противоречит физическим опытам. Туманности содержат те же вещества, какие вообще встречаются в Солнце и звездах. Расстояния их и размеры не поддаются пока нашим измерениям. Формы их чрезвычайно разнообразны. Один из самых интересных примеров туманностей представляет собою огромная туманность в созвездии Ориона (см. рис. 127). Это громадная газообразная масса неправильной формы. Внутри ее видна четверная звезда θ (см. рис. 127), или трапеция, повидимому, физически связанная с туманностью. Туманность Ориона представляет собою тип бесформенной (аморфной) туманности. Такова же еще, например, ракообразная (краббовидная) туманность в созвездии Тельца, изображенная на рис. 128. Но есть туманности правильной формы, в которых тяготение и движение частиц уже успело расположить их в более правильные фигуры. Особенно много профессор Килер насчитал спиральных туманностей (до 120 тысяч). Повидимому, это преобладающий тип среди туманностей. Спиральная форма туманностей обнаруживает следующий замечательный факт: частицы вещества в туманностях под влиянием чисто-механических причин очевидно



Рис. 127. Туманность Ориона.



Рис. 128. Туманность в Тельце.

стремятся расположиться в одной плоскости, т.-е. стремятся принять именно то расположение, которое составляет отличительную черту нашей планетной

системы. Таким образом, строение нашей планетной системы, вероятно, вовсе не представляет редкости в звездном мире. Примером спиральной туманности может служить туманность в созвездии Гончих Собак; ее фотография изображена на рис. 129. Среди туманностей правильной формы нужно отметить еще кольцеобразные туманности. Фотография такой туманности в созвездии Лиры изображена на рис. 130. Туманности изредка встречаются двойные и вообще сложные. Они обладают часто, как и звезды, движениями огромных скоростей, до десятков и сотен верст в секунду. Эти скорости и скорости звезд вообще астрономы оценивают (большею частью) не прямыми измерениями, но совершенно особенным способом: они наблюдают в спектрах туманностей и звезд смещения светлых и темных линий к фиолетовому или к красному концу спектра. Теория светового луча показывает, что если светящееся тело обладает движением по направлению самого луча, то для наблюдателя все линии в спектре луча должны смещаться к красному его концу; если же тело удаляется от глаза, то линии должны сме-

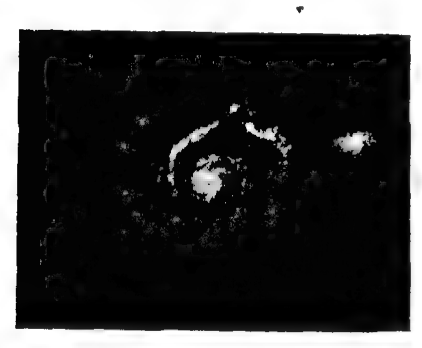


Рис. 129. Туманность в Собаках.

щаться к фиолетовому концу. Подобные смещения линий были замечены в спектрах звезд и туманностей; астрономы приписывают их движению светил и по величине смещений определяют приблизительно скорости

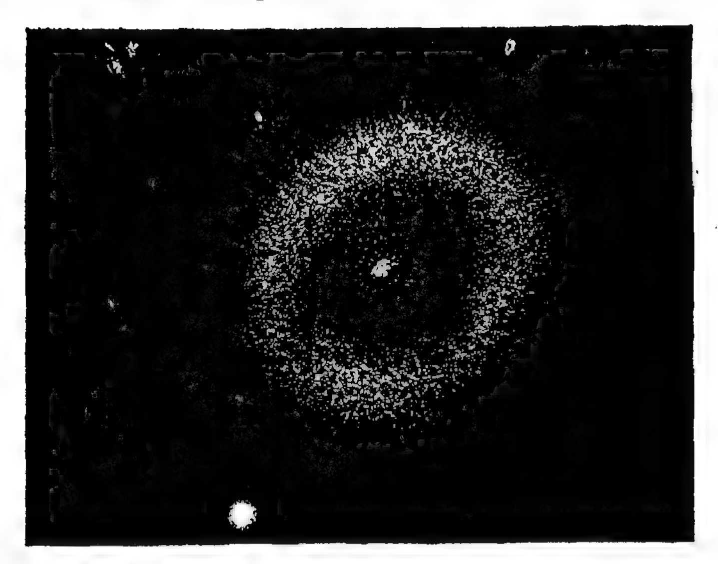


Рис. 130. Туманность в созвездии Лиры.

движений. Такие измерения, однако, весьма трудны, требуют больших труб, сложных приспособлений и большого искусства.

В распределении звезд и туманностей на небосводе замечаются любопытные особенности, которые приводят к важным и интересным заключениям о строении звезд-

ного мира, хотя все такие заключения только вероятны, но вовсе не достоверны. Уже В. Гершель, которому мы обязаны множеством открытий в звездной астрономии, производил систематические сосчитывания звезд во всех частях неба, направляя на них свой огромный телескоп и считая число звезд, как бы „зачерпнутых“ телескопом, т.-е. попавших в „поле зрения“ трубы. При этом обнаружилось особенное значение Млечного Пути. Оказалось, что в областях, наиболее удаленных от этого громадного звездного скопления, телескоп „зачерпывает“ звезд в несколько десятков раз меньше, чем вблизи Млечного Пути и в нем самом. Звезд в полосе Млечного Пути скучено такое громадное количество, что даже самый сильный телескоп не разделяет их, и в поле телескопа видно, что зачерпнутые звезды окружены неразложимым „звездным туманом“. Нужно принять еще во внимание, что Млечный Путь кажется нам довольно широкой лентой, средняя линия которой расположена почти по большому кругу небосвода, т.-е. центр этой линии находится почти в центре кажущейся нам небесной сферы. Это значит, что наша солнечная система находится внутри звездного скопления, называемого Млечным Путем: если бы это было не так, то Млечный Путь был бы расположен по малому, а не по большому кругу неба. Если вообразить себе плоскость, проходящую через среднюю часть Млечного Пути, то сосчитывание звезд заставит нас признать, что звезды и звездные скопления скучены в пространстве близко

от этой плоскости; возле же полюсов этой плоскости, т.-е. вблизи концов диаметра небосвода, перпендикулярного к указанной плоскости, звезды попадаются наиболее редко. Наоборот, туманности чаще попадаются вдали от Млечного пути.

Попробуем объяснить себе, почему расположение звезд может нам казаться таким, каково оно есть. Звезды могут для нас казаться скученными по двум причинам: 1) или потому, что их действительно больше в данном месте, чем в других местах, или же 2) потому, что они слишком удалены от нас и кажутся весьма близкими друг к другу, хотя на самом деле разбросаны в пространстве. Если принять первое предположение, то мы придем к выводу, что Млечный Путь есть слой звезд, состоящий из миллиардов солнц, при чем толщина слоя во много раз меньше его ширины; мы сами находимся внутри этого слоя, и потому он должен казаться нам на небе широкой лентой, расположенной по большому кругу, так как, смотря по направлению ширины слоя, мы должны видеть гораздо большее количество звезд, чем смотря по направлению его толщины. Если принять второе предположение, то придется все-таки допустить, что даже при совершенно равномерном взаимном расположении звезды в поясе Млечного Пути находятся от нас неизмеримо дальше, чем звезды, разбросанные вдали от него. Тогда Млечный Путь представлял бы собою что-то вроде пустого цилиндрического пространства, поверхность кото-

рого равномерно усеяна звездами и ширина которого все-таки гораздо больше его толщины. Несомненно, что первое предположение более естественно и приемлемо, чем второе.

Итак, Млечный Путь есть, вероятно, громадный слой звезд. Солнце находится внутри его и является одной из его звезд, число которых должно измеряться миллиардами. Если принять в расчет те предположительные (гипотетические) расстояния звезд, о которых указано на стр. 343—5, то придется допустить, что толщина звездного слоя в восемь, приблизительно, раз меньше его ширины (по Ньюкому), а ширина такова, что свету нужны тысячи лет, чтобы пробежать это огромное расстояние. Звезды, составляющие „систему Млечного Пути", находятся в непрерывном движении и движутся в самых различных направлениях с громадными часто скоростями. Насколько мы можем судить, эти движения совершенно независимы друг от друга и совершаются прямолинейно. О каких-либо общих центрах и о движении звезд Млечного Пути вокруг этих центров не может быть и речи: как уже сказано, такие центры должны были бы быть слишком, невероятно большими массами, каких мы не наблюдаем. Наше Солнце с планетами также несется в пространстве звезд Млечного Пути с громадною скоростью (до 20 верст в секунду) по направлению к созвездию Лиры. Это движение, повидимому, также независимо от притяжения какого-либо центрального светила: во всяком

случае, оно независимо от притяжения известных нам звезд Млечного Пути.

Звезды Млечного Пути находятся на различных ступенях развития теплоты и света; есть между ними немало и потухших звезд, так как столкновения громадных тел, производящие, вероятно, явление новых звезд, случались наиболее часто в области Млечного Пути (новые звезды наблюдались в Кассиопее, Змееносце, Возничем, Персее, Тельце и других созвездиях, близких к Млечному Пути). Возможно, что Млечный Путь есть такое же спиральное звездное скопление, каким являются туманности в Гончих Собаках и в Андромеде. Если бы мы смогли взглянуть на Млечный Путь с расстояния этой туманности, то очень может быть что он показался бы нам таким же туманным пятном, как скопление звезд в Андромеде. Спиральное строение, если его предположить у слоя звезд Млечного Пути, как оно наблюдается у туманности Андромеды, хорошо даже объясняет подробности внешнего вида Млечного Пути.

---

VI.

# ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОЛНЦА, ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ.

Каждый из нас, вероятно, не раз в своей жизни любовался звездным небом в ясную безлунную ночь и не раз задавал себе вопрос о том, что такое звезды — эти тысячи мерцающих огней, которые, вероятно, миллионы лет льют свой мягкий загадочный свет на Землю и тысячи лет, быть может, возбуждают тот же самый вопрос в голове всякого пытливого человека, способного хотя повременам отрываться от ежедневных забот деловой жизни и задумываться о связи и причинах постоянно сменяющихся явлений, пожелать глубже вникнуть в сущность и происхождение окружающих его вещей.

Мы лучше понимаем смысл и значение какой-либо вещи, если хотя бы приблизительно знаем, как она произошла, *каким путем шло ее развитие*. Было время (и вовсе недалекое), когда все почти предметы, за исключением живых существ, постепенный рост и развитие которых прямо бросаются в глаза, считались неизменными. Полагали, будто бы все вещи навеки оставались такими, какими однажды были *сотворены*: звезды никогда не изменяли ни своего света, ни взаимного положения; горы на земле, камни и воды

всегда оставались, в общем, такими, какими люди видят их в данный момент,—с незначительными лишь изменениями, происходящими от размывания и переноса частиц суши текучей водой и ветром; формы наблюдаемых нами сотен тысяч видов животных и растений будто бы никогда не изменяются, мы видим их такими, какими они были когда-то „сотворены“; племена и расы человеческого рода также таковы теперь, какими были тысячи лет тому назад. Так думало и теперь еще думает громадное большинство людей на земном шаре.

Но уже некоторые древне-греческие великие мыслители, как Фалес, Гераклит и Демокрит (VI и V век до нашей эры), понимали, отгадывали чутьем гениальных людей, что сущность мира вовсе не такова, что нет в мире ничего неизменного; что „все течет“, все изменяется, как учил Гераклит, все проходит известные ступени непрерывного развития, подобные возрастам живого существа; что постоянное движение мельчайших частиц вещества (атомов) есть основа всех мировых явлений, как учил Демокрит; что все в мире, звезды, Солнце и планеты, произошло из одной первоначальной материи, из одного и того же вначале разжиженного вещества („воды“), которое постепенно сгустилось в шарообразные небесные тела, как учил Фалес.

Однако, уже в пятом веке до нашей эры началось падение греческой мысли, греческой „философии“, когда наибольшее значение в обществе получили софисты, враги Сократа и вдохновители его казни. С третьего

же века до нашей эры начался полный упадок философско мысли в Греции. Римляне, покорившие Грецию и почти весь древний мир, не дали ни одного выдающегося мыслителя, подобного по таланту поименованным грекам; а с пятого века нашей эры, когда римская империя пала под ударами варварских нашествий, было уничтожено не только всякое движение вперед в области мысли, но и все, что было раньше у греков и римлян хорошего в смысле свободной науки и свободного исследования. Христиане, овладевшие властью в государстве, запретили учить в философских школах, сожгли громадную александрийскую библиотеку как вредную светскую мудрость и зверски умертвили одну из представительниц греческой философии и науки — Гипатию, дочь математика Теона (415 г. нашей эры).

Тысячу лет после того висели над Европой века мрака и невежества, когда было опасно даже думать, а не только открыто говорить о сущности и происхождении вещей что-нибудь, не согласное с тем, что написано было в библии. Только в XVI веке великий итальянец Джордано Бруно воскресил глубокие мысли греческих философов об изменчивости и непрерывном развитии всех вещей мира и, опираясь на астрономическое учение Коперника, создал новое, полное захватывающей поэзии учение „о вселенной и мирах". Бруно учил, что вокруг неизмеримо далеких звезд — солнц, на кружащихся около них планетах царит вечная жизнь, и в вечной смене явлений обнаруживается непрерывное

развитие каждой вещи, ее зарождение, жизнь и угасание; что среди неизмеримого океана вещей и явлений возникают, живут и исчезают все новые и новые формы мировой, никогда не начинавшейся и никогда не умирающей жизни. Джордано. Бруно запечатлел мученической смертью на костре (17 февраля 1600 года) свое великое учение и свою полную высокого самоотвержения жизнь мыслителя и героя знания, но его глубокие мысли о развитии всех вещей блестяще подтвердились через несколько веков в различных науках, в трудах великих естествоиспытателей.

Уже в начале XIX века великий французский естествоиспытатель Ламарк в своей „Философии зоологии“ (1809 г.) разрушил старое мнение о неизменности видов животных и растений и создал научно обоснованное учение об их изменчивости, о постепенном происхождении более сложных и развитых видов из более простых и самых простых — путем воздействия на их организмы сил окружающей среды и их собсвенного труда и упражнения органов при добывании средств для жизни. В конце XVIII века подобную же мысль о развитии небесных светил, т.-е. звезд, Солнца и планет, друг из друга и из первоначального вещества, из „туманности“, высказал великий астроном - наблюдатель Вильгельм Гершель (около 1790 года) и почти одновременно с ним знаменитый Лаплас (1796 г.) Но прежде, чем говорить о взглядах этих астрономов на происхождение небесных

светил, познакомимся немного с тем орудием, которое позволило В. Гершелю сделать новые открытия, прийти к своим взглядам на вселенную. Познакомимся с устройством телескопов, которые позволили глубоко проникнуть в бездны пространства, увидеть сотни миллионов звезд вместо нескольких тысяч, видимых невооруженным глазом, и открыть такие светила, такие подробности в их строении, о существовании которых никто раньше не подозревал.

Вильгельм Гершель (1738—1822), родом немец, сын ганноверского музыканта, вначале занимался ремеслом своего отца, но, приехав в Англию в 1759 г., пристрастился к занятиям астрономией и математикой и нашел в Англии вторую родину. Слишком бедный, чтобы купить себе телескоп, он решил сам изготовлять телескопы и постепенно достиг в этом деле большого искусства. Он построил для себя и потом для других несколько отражательных телескопов или рефлекторов различной длины, с вогнутыми зеркалами. Устройство Гершелева телескопа состояло в следующем (рис. 132). На дне трубы в несколько наклонном положении укреплено вогнутое зеркало $A$, точно отшлифованное в виде шаровой (точнее параболической) поверхности большого радиуса. Всякое такое зеркало обладает, как и „зажигательное“ стекло или лупа, свойством отражать и собирать лучи ($B$, $H$) от всякой светящейся точки в одной точке $O$. Эта вторая точка называется фокусом первой. Если лучи идут от

предмета, то каждая его точка дает свой фокус, а все вместе такие фокусы дают изображение предмета в одной плоскости (фокальной плоскости), подобно тому как

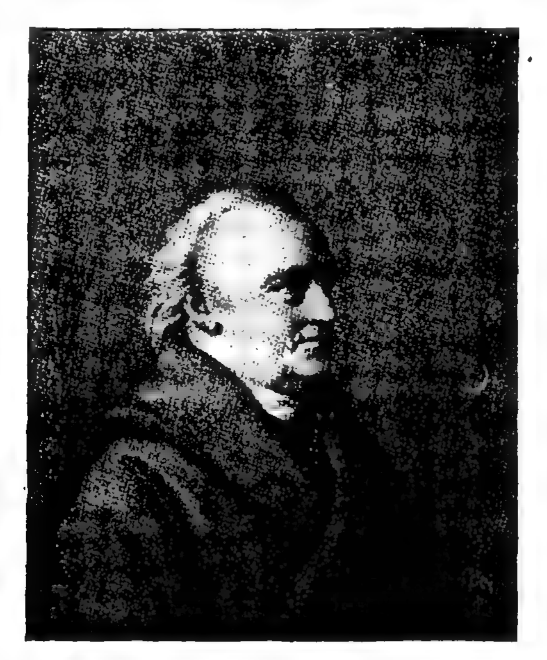


Рис. 131. Вильгельм Гершель.

в фотографическом аппарате его предметное стекло (или линза) собирает лучи от предмета и дает изображение предмета на матовой стеклянной пластинке. В телескопе Гершеля изображение получается на другом конце,

у края трубы, в фокальной плоскости $O$, и здесь оно рассматривается в глазное стекло $M$, или в окуляр, который есть не что иное, как сильное увеличительное стекло, сильная лупа, состоящая обыкновенно из двух маленьких плоско-выпуклых стекол. Чем выпуклее (и меньше) стекла, тем большее достигается увеличение; чем больше отражательное зеркало, тем больше оно собирает лучей и тем более слабо светящиеся предметы может оно обнаруживать. Главный недостаток

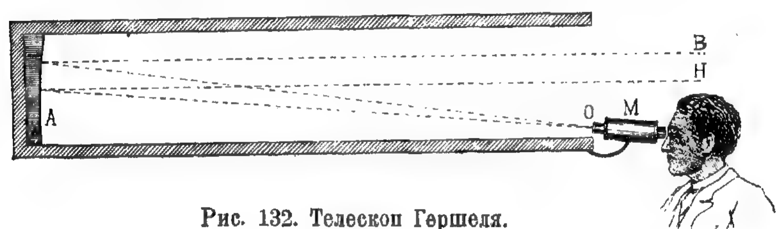



Рис. 132. Телескоп Гершеля.

Гершелева телескопа состоял в том, что голова наблюдателя помещалась у отверстия трубы и закрывала часть лучей от предмета. Теперь предпочитают устройство отражательного телескопа, придуманное Ньютоном. В Ньютоновом рефлекторе зеркало $M$ (рис. 133) установлено прямо, и отраженные от него лучи прежде чем соберутся в фокусе $F$, встречают плоское зеркало $S$ и отражаются от него в сторону, так что фокальное изображение светила получается в $F_1$, оно рассматривается через окуляр $O$. Самый большой телескоп в XIX веке построил лорд Росс, английский астроном-любитель; длина

трубы телескопа лорда Росса около 8 сажен, диаметр зеркала 6 фут, вес до 930 пудов. Наблюдатель помещается на ступеньках лестницы (так как зеркало находится внизу, а отверстие телескопа вверху). Сила увеличения рефлекторов может быть доведена до нескольких тысяч раз (т.-е. длина и ширина предмета кажутся увеличенными во столько раз); однако, такими сильными увеличениями ни в каких телескопах не пользуются: недостатки в устройстве инструмента и колебания изображений небесных светил вследствие прохождения лу-

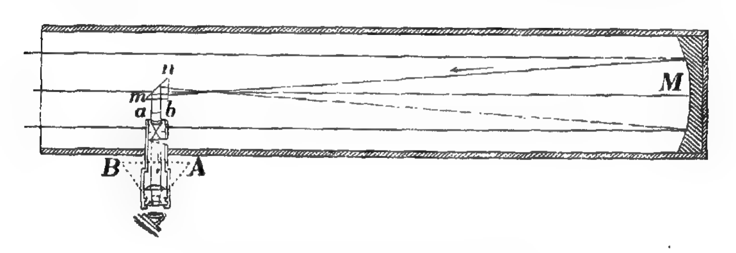



Рис. 133. Телескоп-рефлектор Ньютона.

чей через неспокойный воздух выступают тогда слишком сильно. Работают с увеличением не больше одной тысячи раз. В недавнее время в Америке построен еще большой рефлектор с зеркалом в 100 дюймов в поперечнике; он служит для фотографирования слабых небесных светил.

Более удобны, однако, для работы и теперь устраиваются обыкновенно другие телескопы—рефракторы, устройство которых основано на преломлении све-

товых лучей в стеклах. Всякий, вероятно, наблюдал, что если опустить в воду карандаш наклонно к поверхности воды, то карандаш кажется как бы переломленным у поверхности воды. Это происходит потому, что вообще луч света, переходя из одной „среды“ в другую

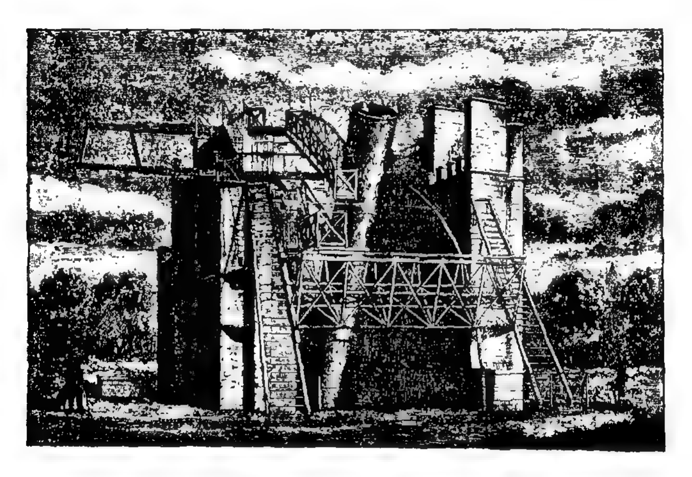


Рис. 134. Телескоп-рефлектор лорда Росса.

(например, из воздуха в воду или в стекло), меняет свое направление, „преломляется“. На этом основании и ясно, почему двояко-выпуклое, „зажигательное“, стекло может собирать лучи от предмета в одной точке, в фокусе, где и получается при собирании лучей солнца яркая светлая точка и сильное нагревание, способное зажечь бумагу, шерсть, дерево и т. п. Лучи изменяют

направление по выходе из двояко-выпуклого стекла неодинаково, одни сильнее, другие слабее, но так, что все лучи собираются в одной точке. Как и вогнутое зеркало, такое стекло дает изображение предмета в фокальной плоскости, поэтому стекла и употребляются для устройства телескопов-рефракторов (или преломляющих телескопов). Стекла рефрактора образуют две системы. Одна система стекол, объектив, или предметное стекло, обращена к рассматриваемому предмету. Объектив дает изображение далекого предмета в своей фокальной плоскости. Другая система есть окуляр, глазное стекло, и служит для рассматривания изображения, данного объективом.

Самое главное в рефракторе — объектив, и приготовление его сопряжено с громадными трудностями, требует большего искусства и врожденного таланта. За время существования рефракторов особенно знамениты усовершенствователи объективов — швейцарец Фраунгофер (вначале простой пастух) и американец Альван Кларк (фотограф). Побороть приходилось два главные затруднения: 1) слабая яркость изображения в окуляре и 2) почти неизбежное окрашивание изображения в цвета радуги. Дело здесь вот в чем. Телескоп должен увеличивать предмет. Но чем больше увеличение, тем больше телескоп должен собрать света от предмета, чтобы достаточно осветить изображение: если, например, длина и ширина предмета увеличены телескопом в 100 раз, то площадь

изображения увеличится в 100 × 100, или 10.000 раз. Поэтому, чтобы изображение было так же ярко, каким кажется нам предмет, количество света, собранное объективом, должно быть в 10.000 раз больше, чем количество света, попадающее от предмета прямо в глаз. Значит, диаметр объектива следует делать возможно больших размеров: тогда с ним можно достигнуть больших увеличений. Но здесь-то и обнаруживается другой недостаток стекол. Предметное стекло собирает лучи только приблизительно в одной точке. Из беседы II (стр. 107—8) мы знаем, что белый луч состоит из бесчисленного множества цветных лучей радужных оттенков, от красного через оранжевый, желтый, зеленый, голубой и синий до фиолетового, и что различные лучи преломляются различно: более всего фиолетовый, менее всего красный. Поэтому фокус красного луча получается дальше от объектива, чем фокус фиолетового луча, и в фокусе стекла не получается белой светящейся точки, но небольшое цветное пятно. Изображение предмета также окрашивается радужным ореолом (сиянием). Это явление называется светорассеянием; оно тем больше, чем сильнее увеличение. Лет полтораста тому назад думали даже, что невозможно избежать светорассеяния объективов. Но в 1750 году английский оптик Доллонд сумел исправить этот недостаток в значительной степени. Он придумал для объектива сочетание двух стекол — плоско-вогнутого и двояко-выпуклого (рис. 135.) Стекла

берутся разных сортов: плоско-выпуклое стекло из флинтгласа, двояко-выпуклое — из кронгласа. Кронглас почти так же сильно преломляет лучи, как флинтглас, но рассеивает лучи почти вдвое слабее. Стекла имеют обратные кривизны и потому действуют на лучи света в противоположном смысле: кронглас собирает лучи, как всякая обыкновенная лупа, а флинтглас заставляет их, наоборот, несколько расходиться. Поэтому цветные лучи, падая на флинтглас и выходя из кронгласа, становятся почти параллельными, и в фокусе получается почти белая точка, гораздо менее окрашенная, чем было бы без флинтгласа; только преломляющая способность кронгласа уменьшается почти на половину, т.-е. фокус отодвигается от стекла почти вдвое дальше. Однако, именно в больших телескопах светорассеяние все-таки оказывается не вполне устранимым, и потому изображение звезды всегда бывает окружено голубым или фиолетовым ореолом-венцом. Другая причина, не позволяющая доводить увеличение телескопа дальше известных пределов,—атмосфера, окружающая землю. Воздушный океан, на дне которого мы живем, находится в постоянном движении. Поэтому края предметов кажутся нам вообще (особенно на горизонте) неяркими, размытыми, дрожащими, и этот недостаток усиливается телескопом во столько раз, во сколько раз увеличивает телескоп. Атмосфера и ее нечистота—



Рис. 135. Разрез объектива телескопа.

наибольшие враги астрономических наблюдений; вот почему тегерь и стараются устраивать обсерватории вдали от городов, на значительной высоте, в горах.

Установка телескопа, одинаково рефлектора и рефрактора, требует особых приспособлений. Вследствие суточного вращения небосвода светило уходит из поля зрения телескопа, и чтобы наблюдать светило достаточно времени, необходимо устроить так, чтобы телескоп сам следовал за движением светила. Установка (или монтировка) телескопа для этой цели придумана такая. Главная ось вращения телескопа направляется параллельно оси вращения земли или оси мира (см. стр. 284) и называется полярною осью (рис. 136.) К этой оси прикреплена длинная втулка, в которой вращается ось скло-

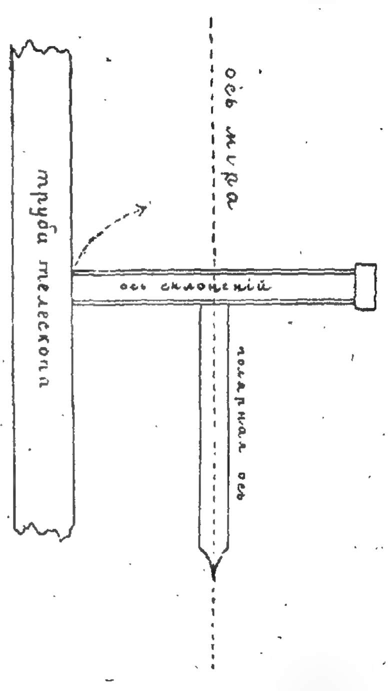


Рис. 136. Установка телескопа.

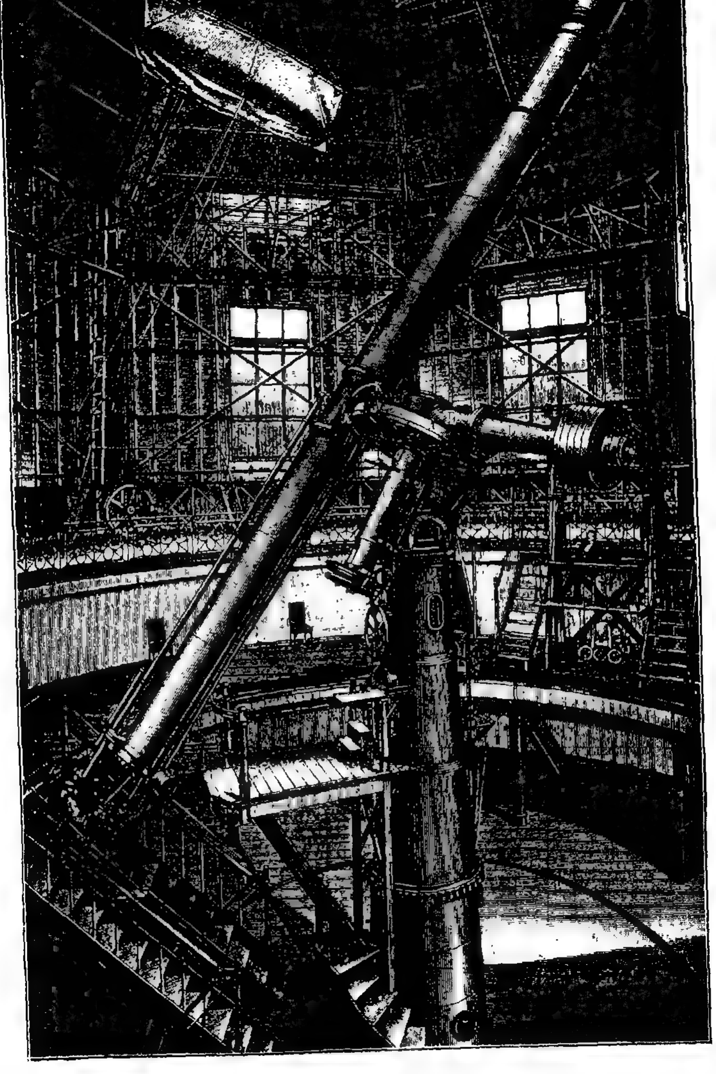


Рис. 137. Большой 30-дюймовый телескоп в Пулкове.

нений, перпендикулярная к полярной оси; а к оси склонений прикреплена труба рефрактора или рефлектора. Благодаря такому сочетанию осей, трубу можно направить на любое место неба. Кроме того, с полярною осью соединен особый часовой механизм, который заставляет полярную ось, а с нею и ось склонений и трубу равномерно вращаться, описывая полный круг в течение времени вращения Земли вокруг ее оси. Инструмент, как и звезда, вращается с востока на запад. Поэтому, если мы направим трубу на звезду и пустим часовой механизм в ход, то звезда не уйдет из поля зрения трубы, так как труба будет все время следить за звездой. Чтобы наводить телескоп на звезду, к трубе телескопа приделывается параллельная ей короткая трубка— небольшой телескоп-искатель с малым увеличением. Дело в том, что чем сильнее увеличение телескопа, тем меньше та часть неба, которую можно в трубу видеть, тем меньше, как говорят, поле зрения телескопа. Поэтому найти звезду легче в искатель, чем в телескоп. Но есть такие слабые небесные светила, что их не увидишь в искатель, которого увеличение мало. Тогда телескоп приводят в требуемое положение, зная наперед положение звезды в момент наблюдения, зная ее координаты—склонение и прямое восхождение (см. стр. 309—10). Для этой цели к телескопу приспособляются два разделенные круга, один перпендикулярно к полярной оси, другой перпендикулярно к оси склонений. Первый круг будет, сле-

довательно, параллелен небесному (и земному) экватору, и по нему можно отсчитывать часовые углы и прямые восхождения звезд, а второй круг займет положение круга склонений звезды, и по нему можно отсчитывать склонения. Таким образом можно направить телескоп на светило, не видя самого светила.

До Альвана Кларка лучшими считались объективы Фраунгофера и Мерца. Они были превосходно изготовлены, но они достигали лишь 15 дюймов в диаметре. А. Кларк, портретист из Кэмбриджспорта, построил объективы в 18, 26, 30, 36 и даже 40 дюймов в диаметре. При помощи его объективов в Вашингтоне (26 дм.), на Ликской обсерватории (гора Гамильтон в Калифорнии 36 дм.), на Иеркской обсерватории, в Чикаго (40 дм.) уже сделано множество интереснейших и важных открытий. Телескоп с объективом А. Кларка (в 30 дм.) установлен на Пулковской обсерватории, в России, в 1884 году.

Трудности при изготовлении линз для объективов встречаются двух родов: 1) чрезвычайно трудно отлить совершенно однородное стекло, в котором все части его преломляли бы световой луч одинаково и были бы одинаково чисты и прозрачны; с этой задачей справляются лишь теперь лучшие стеклянные заводы Европы; 2) трудно из плоского стеклянного круга, отлитого на заводе, отшлифовать двояко-выпуклое и плоско-выпуклое стекло так, чтобы поверхности их были точными шаровыми и плоскими поверхностями.

Малейшее уклонение, даже на $^1/_{400}$ долю миллиметра, отражается вредно на изображениях объектива. Преодоление этой последней трудности требует, очевидно, каких-то особых дарований, особого гениального чутья. Никакими машинами надлежащая обработка стекла для телескопа не достигается.

Еще большие услуги стал оказывать телескоп в деле открытия и описания новых небесных светил, когда к его окулярной части была приспособлена фотографическая камера. Фотографическая пластинка, когда изучили, к каким лучам спектра (см. стр. 107—8) она наиболее чувствительна, оказалась много чувствительнее глаза и обнаружила такие подробности в строении поверхности небесных светил, каких раньше не давали самые тщательные рисунки, сделанные путем наблюдений в телескоп прямо глазом. Кроме того, пластинка позволяет изучать и измерять снимок на досуге, без постоянной боязни наблюдателя неба потерять небесное светило из виду вследствие проходящих облаков или низкого положения на горизонте, когда светило постепенно близится к закату. Фотографическая пластинка, при достаточном времени действия на нее лучей, схватывает и запечатлевает точно все доступные ей подробности во внешнем виде предмета, и притом она делает это, как говорят, объективно, т.-е. без примеси личных свойств, различных у различных наблюдателей (в устройстве их органов чувств). Разрешению же вопроса о природе и внутреннем строении светил теле-

скоп помог тогда, когда к окулярной его части был приспособлен спектроскоп (см. стр. 110), который в соединении с фотографической камерой дает возможность получить фотографию спектра небесного светила и по линиям спектра судить о химическом составе светил (см. стр. 111).

Посмотрим теперь, что̀ показали астрономам в глубинах пространства телескоп и фотографическая пластинка, и как они привели их к мысли о том, что все небесные светила, проходя одинаковые в общем ступени развития теплоты и света, произошли одинаковым образом.

Телескоп обнаруживает кругом нас сотни миллионов звезд и других небесных светил. Но как бы ни был силен телескоп, это — далеко не все существующие небесные светила. Если наблюдать даже в самый сильный телескоп Млечный Путь, то в этой белесоватой туманной полосе, которая опоясывает все небо, открываются сотни тысяч невидимых глазу звезд, но белосоватый „звездный туман“ все-таки остается в поле зрения телескопа и как бы окутывает собою маленькие блестящие точки — звезды. Еще более поразительную картину представляют собою фотографии некоторых областей Млечного Пути. Здесь видны тысячи отпечатлевшихся на пластинке звезд, но они тоже как бы погружены в какую-то общую, не разложенную на отдельные частицы, туманную среду. Такова фотография, снятая на Ликской обсерватории Барнардом с части Млечного Пути в созвездии Лебедя (рис. 138).



Рис. 138. Фотография части Млечного Пути в созвездии Лебедя.

Но „звездный туман“ встречается не в одном только Млечном Пути. Клочья тумана встречаются на небе повсюду. Еще Гершель открыл и описал при помощи своего телескопа несколько тысяч „туманных пятен“. В настоящее время их известно свыше ста тысяч. Эти клочья неясно светящейся туманной материи принимают часто самые прихотливые и разнообразные формы (некоторые из них изображены на рисунках 128—131 и 56). Многие из туманных пятен в сильные телескопы оказываются звездными скоплениями, в которых тысячи звезд лежат так близко друг к другу, что нужно сильное увеличение, чтобы разложить скопление на отдельные звезды. Но существуют туманные пятна, которые не разделяются на звезды ни в какой телескоп, так как и не состоят из отдельных звезд; они представляют собою громадные газообразные массы, светящиеся, несмотря на низкую температуру окружающего пространства. Это настоящие туманности, но в существовании их убеждает нас уже не телескоп, но спектроскоп. Спектр туманностей состоит из немногих светлых линий, как спектр светящихся газов вообще, тогда как спектр звездных скоплений является сплошной радужной полосой с темными линиями, как у солнца (см. беседу V, стр. 357).

Несмотря на большое разнообразие форм наблюдаемых нами небесных тел, мы можем разделить их все на три совершенно ясно различаемые типа. Пер-

вый тип — газообразная бесформенная туманность, состоящая из газов и паров некоторых веществ, отчасти знакомых нам на Земле (водорода, гелия), отчасти незнакомых. Спектр такой туманности состоит обыкновенно из немногих светлых линий, принадлежащих газам и парам определенных веществ; линии эти разделены темными пространствами. Второй тип — яркая, раскаленная звезда — солнце. Ее спектр, подобно спектру Солнца, есть радужная полоса, пересеченная темными линиями; эти линии указывают на то, что белые лучи, идущие от ядра звезды, проходят сквозь окружающую ядро оболочку из газов и паров различных веществ. Третий тип — темное охладившееся тело, подобное Земле и вообще планетам.

Теперь можно поставить себе вопрос о том, что представляют собою три отмеченные типа небесных тел? Существовали ли они всегда такими, какими мы их наблюдаем, в неизменных, как бы навеки застывших формах? Или же эти типы — только ступени одного общего хода развития небесных светил, того хода развития, который должно проходить каждое светило, превращаясь постепенно, в течение сотен миллионов лет, из туманности в раскаленную звезду, а затем в погасшее темное, холодное тело? Первый астроном, серьезно задумавшийся над этим вопросом и решивший его, был Вильгельм Гершель (см. рис. 132). При помощи построенного им громадного телескопа Гершель открыл целый ряд неизвестных до

него туманностей и звездных скоплений. Когда он внимательно пронаблюдал и описал тысячи этих новых небесных светил, его поразили постепенные, незаметные почти переходы между их разнообразными формами. Три указанные выше типа небесных тел вовсе не оказались резко разграниченными между собою; между ними обнаружился целый ряд переходных форм. От бесформенной, громадной газообразной туманности, вроде туманности Ориона или Тельца (рис. 128 и 129), мы постепенно переходим к раскаленной звезде— Солнцу. Движение частиц туманности постепенно, в течение, вероятно, сотен тысяч и миллионов лет, приводит эти частицы в более правильное расположение. Появляются спиральные туманности (рис. 56 и 130) — форма, на которую нужно обратить особенное внимание, так как она, повидимому, преобладает среди туманностей. Профессор Килер (на Ликской обсерватории) открыл свыше 120 тысяч таких туманностей. Спиральная форма указывает на то, что частицы вещества туманности под влиянием каких-то механических причин стремятся расположиться в одной плоскости. Иногда туманность может принять даже кольцеобразную на взгляд форму (рис. 131), хотя, быть может, и здесь вследствие особенного положения туманности по отношению к нашему глазу и от сплоченности ее мы просто не замечаем подробностей ее строения. По закону тяготения частицы туманности постепенно сгущаются вокруг одного или нескольких

центров. Следствием взаимного сжатия частиц являются раскаленное состояние и весьма высокая температура туманности. В центре и в других местах туманности появляются раскаленные, более ярко светящиеся центры сгущения, похожие на звезды. Если главный центр сгущения был один, то может образоваться одна звезда, которая будет или неподвижной, или будет вращаться на своей оси и двигаться прямолинейно в пространстве, смотря по тому, было или нет во вращательном движении все вещество туманности. Может случиться, что вокруг звезды будут обращаться по удлиненным эллипсам кометы и рои метеоров (см. стр. 269 — 71), как небольшие сгущения первоначального вещества туманности, не вступившие в главное сгущение. Если центров сгущения было два, и вещество туманности вращалось вокруг некоторого общего центра, то получится двойная звезда — система двух солнц, обращающихся одновременно вокруг общего центра тяжести (см. стр. 354, рис. 124). Движение двойных звезд совершается по законам Кеплера (см. стр. 185 — 88), и это доказывает, что закон всеобщего тяготения на самом деле всеобщий и действует на неизмеримых для нас расстояниях туманностей и двойных звезд. При большем числе центров сгущения получаются тройные, четверные, вообще кратные звезды и, наконец, громадные звездные скопления; сложность движений звезд в этих системах уже так велика, что не выражается законами Кеплера.

Звезды, образовавшиеся из туманностей путем сгущений, приобретают постепенно весьма высокую температуру, при чем все вещество их приходит в состояние раскаленных паров и газов, которые только на поверхности охлаждаются и могут сгущаться в капли жидкости. Высокая температура ядра звезды поддерживает нисходящие к ядру и восходящие к поверхности звезды токи паров и газов, которые опускаются вследствие охлаждения на поверхности и вновь выталкиваются с силою наверх вследствие сильного нагревания внутри ядра. Это мешает охлаждению поверхности звезды, и звезда путем непрерывного сгущения вещества приходит в то состояние, при котором испускает голубовато-белые лучи света. Но постепенно окружающее холодное пространство отнимает тепло от звезды; от непрерывной потери тепла звезда сжимается и уплотняется настолько, что нисходящие и восходящие токи затрудняются, поверхность начинает охлаждаться быстрее. Звезда постепенно переходит через ступени белого, желтого и красного цвета и, наконец, потухает, покрываясь темной корой. Вероятно, такими уже потухающими звездами являются, например, переменные звезды типа Дивной (Мира) в созвездии Кита (см. стр. 349). Все они красного цвета и обнаруживают колебания в своем блеске, то почти потухая, то разгораясь вновь.

Что в глубинах междузвездного пространства существуют и совершенно темные светила, в этом убеждают

нас переменные звезды, обладающие правильными изменениями блеска (как Альголь, см. стр. 349), и еще новые звезды. Правильные изменения блеска переменных звезд хорошо объясняются тем, что вокруг звезды движется темный или слабо светящийся спутник, который, проходя между звездой и глазом, на время уменьшает ее блеск. Появление же новых звезд ясно указывает на то, что прежде это были темные светила, пришедшие затем в раскаленное состояние. Причина явления может быть двоякого рода: или мы имеем здесь перед собою столкновение двух или многих прежде темных тел и вследствие удара их раскаленное состояние; или же это излияние внутренней расплавленной массы сквозь уже охлажденную темную кору. Наконец, присутствие в Млечном Пути на светлом фоне звездных облаков черных пятен и извилистых полос указывает на существование, так сказать, темных туманностей, облаков космической пыли.

Наблюдение постепенных переходных форм среди небесных светил неизбежно приводит нас к тому выводу, что все небесные светила произошли одинаковым образом из первоначальной сильно разреженной туманности, которая вследствие тяготения частиц ее друг к другу постепенно сгущалась вокруг одного или многих центров, при чем взаимное сжатие частиц привело вещество туманности в состояние сильной раскаленности. Из туманностей образуются постепенно звезды и звездные скопления; а затем лучеиспускание теплоты

в холодное мировое пространство охлаждает звезды и через десятки и сотни миллионов лет превращает их в темные остывшие тела. Развитие светил началось в разное время и требует различного количества времени. Поэтому мы среди миллионов светил и наблюдаем все ступени их развития. Таково было в общих чертах учение В. Гершеля. Это была такая же теория развития форм небесных светил, какою была почти одновременно с нею открытая Ламарком теория развития форм растительного и животного царств на Земле. Как и Гершель, Ламарк был приведен к своей теории постепенного развития более сложных организмов из менее сложных, увидевши ясно, что невозможно установить точные границы между видами живых существ, так как среди видов наблюдается большое число разновидностей, ясно доказывающих, что виды не есть что-то неизменное, но способны к изменениям.

Через несколько лет после Гершеля, независимо от него, идя совершенно иным путем, к подобным же взглядам на происхождение Солнца, Земли и планет пришел Лаплас. В седьмом примечании к своей знаменитой книге „Изложение системы мира“ Лаплас приходит к выводу, что Солнце и планеты нашей планетной системы образовались, вероятно, так. Вначале вещество Солнца и планет было сильно разрежено, распространялось гораздо дальше самой далекой планеты и напоминало своим видом туманность. Туманность вращалась вокруг некоторой оси, а внутри ее

образовалось сгущение вещества, положившее начало развитию Солнца. Вращение придало туманности сплющенную форму и заставило разделиться на кольца. Из колец путем сгущения вещества около одного или нескольких центров образовались планеты. Вначале планеты были подобны Солнцу, так же расплавлены, как и оно. Вращаясь на осях, они также отделяли кольца, из которых затем образовались спутники планет. Таково было, в общих чертах, учение Лапласа. Картина развития планетной системы по Лапласу изображена на рис. 84.

Посмотрим теперь, чем же подтверждается такое учение. Если оно справедливо, то в нашей планетной системе должны сохраниться следы ее прошлого, следы ее происхождения. В движениях планет должны обнаружиться такие общие свойства, которые делают неизбежным предположение о том, что планеты вместе с Солнцем произошли из одной первоначальной туманности. Мы увидим сейчас, что этих следов прошлого происхождения сохранилось в нашей солнечной системе немало; они-то именно и заставили Лапласа прийти к его выводам.

Первое замечательное свойство нашей планетной системы состоит в том, что все планеты, за немногими исключениями среди так называемых малых планет, движутся почти в одной плоскости. Если мы возьмем только восемь больших планет — Меркурия, Венеру, Землю, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Неп-

туна, то увидим, что взаимное наклонение плоскостей, в которых расположены их орбиты, не превосходит девяти градусов. Если принять в расчет громадность самих орбит (поперечник орбиты Нептуна, самой крайней планеты, содержит 8.400 слишком миллионов верст), то окажется, что все восемь планет движутся как бы в одной плоскости, в плоскости орбиты Земли (или эклиптики). Спрашивается, может ли быть такое совпадение плоскостей орбит восьми планет случайным, т.-е. можно ли считать его следствием многих неизвестных нам причин, произведших как бы случайно одно общее действие, или же это — следствие одной главной общей причины? Рассчитаем, как сделал это проф. Р. Болль („Происхождение Земли“), какова вероятность того, что совпадение случайное. Вообразим, что на листе бумаги начерчен прямой угол *АОБ* (рис. 139) и разделен на 10 равных частей, тогда каждая часть будет по девяти градусов. Возьмем восемь горошин, поместим одну из них в углу I, а остальные семь бросим наудачу на пространство, занимаемое углом *АОБ*. Какова вероятность, что все семь горошин упадут именно в угол I, где лежит одна из восьми горошин? Если возьмем одну горошину, то, бросая ее наудачу, можем попасть в любой из десяти углов; следовательно, для одной горошины выходит 10 равновозможных случаев, а благоприятный случай попасть именно в угол I только один; поэтому говорят, что вероятность попасть

одной горошине в угол I есть $^1/_{10}$. Возьмем две горошины. Каждая из них может попасть в любой из 10 углов, поэтому на каждый из десяти равновозможных случаев для первой горошины придется по десяти равновозможных же случаев для второй горошины. Всех равновозможных случаев при бросании двух горошин выйдет $10 \times 10 = 100$. Из этих 100 случаев для нашего предположения, что обе горошины попадут в угол I, будет благоприятен только один. Значит, вероятность попасть обеим горошинам в угол I при бросании их на удачу есть $^1/_{100}$. Рассуждая таким же образом дальше, найдем, что вероятность попасть трем горошинам всем в один угол I будет $\frac{1}{10 \times 10 \times 10} = \frac{1}{1000}$; четырем горошинам $\frac{1}{10 \times 10 \times 10 \times 10} = \frac{1}{10000}$, и т. д. Если возьмем семь горошин, то вероятность всем им при бросании наудачу попасть в один и тот же угол I будет всего только $\frac{1}{10000000}$, одна десятимиллионная, т.-е. из десяти миллионов равновозможных случаев только один

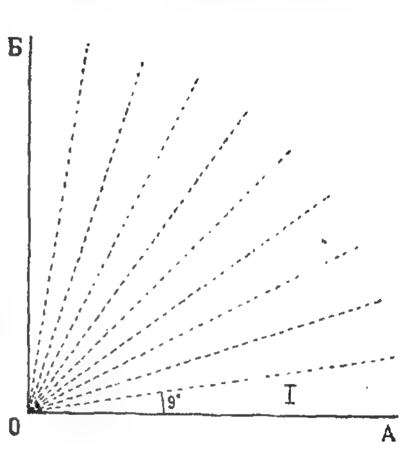


Рис. 139.

будет благоприятен для нашего предположения. Поэтому, если бы затеялась игра, в которой выигрывал бы тот, кому все семь горошин удалось бы бросить в угол I, то можно было бы поставить 10 миллионов рублей против одного рубля, что при одном бросании ему не удастся этого сделать. Вот почему мы и не можем приписать случайным причинам тот факт, что все семь планет движутся почти в одной плоскости с Землей. Должна существовать какая-то одна общая главная причина, заставившая двигаться все планеты почти в одной плоскости. Таково первое удивительное совпадение в свойствах движений планет. Перейдем к другому, не менее удивительному совпадению.

В нашей планетной системе теперь известно свыше 900 планет, движущихся вокруг Солнца. Все эти планеты, без исключения, обращаются в одном и том же направлении — против наших часовых стрелок, если смотреть с северного полюса неба. Подсчитаем опять, какова вероятность, что такое удивительное совпадение случайно, а не есть следствие одной общей причины. Если взять одну планету, то для нее получится только два равновозможных случая — движение против часовых стрелок (прямое) и по часовым стрелкам (обратное). Если возьмем две планеты, получится уже $2 \times 2$ или четыре равновозможных случая, так как каждый из двух случаев для первой планеты может сочетаться с каждым из двух случаев для второй планеты. Для трех планет выйдет

уже 2 × 2 × 2 = 2 в третьей степени ($2^3$), или восемь равновозможных случаев; для четырех планет случаев будет 2 × 2 × 2 × 2, или 2 в четвертой степени ($2^4$) и т. д. Если взять 600 планет, то равновозможных случаев движения по обоим направлениям выйдет $2^{600}$, т.-е. два, взятое множителем 600 раз. Это такое громадное число, что его трудно и представить себе. Оно начинается цифрой 4, и в нем будет 181 цифра, если бы его захотели написать. Следовательно, вероятность того, что направления движений планет совпали случайно, равна чрезвычайно малой дроби, у которой числитель единица, а знаменатель громадное число, содержащее 181 цифру. Опять видим, что и второе совпадение не может быть случайным, но должно быть следствием одной общей причины. Перейдем к третьему совпадению.

Планеты вращаются на своих осях и имеют спутников, которые движутся вокруг них. За исключением Урана и Нептуна, у которых обращение спутников и, вероятно, вращение планет совершаются в обратном направлении, а также Венеры и Меркурия, о вращении которых еще нет твердо установленного мнения, четыре большие планеты и их 19 спутников (1 у Земли, 2 у Марса, 7 из 9-ти у Юпитера, 9 из 10 у Сатурна) вращаются в одном и том же направлении, именно в том, в котором совершается движение всех планет. Опять-таки и это совпадение не могло быть случайным и было, наверное, следствием той же причины, которая произвела

два первые совпадения. Но только здесь уже к действию основной причины, очевидно, примешались влияния других менее значительных и не столь общих причин. На это указывает, прежде всего, обратное движение спутников Урана и Нептуна, а также тот факт, что экваторы планет Земли, Марса и Сатурна и особенно — Урана и Нептуна, и орбиты их спутников значительно наклонены к общей плоскости движения планет (к эклиптике).

Как же объяснить все эти три удивительные совпадения? Какова была общая причина, их вызвавшая? Причина могла быть только одна: когда-то между планетами и Солнцем существовала общая материальная связь, которая современем исчезла, но следы ее остались именно в виде общего движения планет в одной плоскости и в одном и том же направлении. Какова же была эта материальная связь? Вот здесь мы и приходим к предположению (гипотезе), что первоначально вещество всех планет с их спутниками и Солнца должно было составлять как бы одно целое, входило в состав одной и той же крайне разреженной туманности. Частицы вещества были разъединены, и все вещество занимало громадное пространство, в сотни раз, вероятно, большее, чем размеры теперешней планетной системы. Туманность вращалась вокруг некоторой оси. Частицы ее, повинуясь закону взаимного притяжения, двигались, описывая вокруг

общего центра тяжести туманности удлиненные эллипсы. Каково бы ни было это первоначальное движение частиц, оно, как показывают правила механики, должно было прийти постепенно в одну почти плоскость (Лапласова главная плоскость). Вследствие общего тяготения частиц к центру тяжести туманности, частицы постепенно скоплялись около этого центра, где и образовалось сгущение вещества, положившее начало образованию Солнца. Когда Солнце образовалось, оно должно было вращаться в ту же сторону, в которую совершалось вращение всей туманности. Как мы видели в беседе II (стр. 94), это так и есть: Солнце вращается на своей оси в 25 суток в ту же сторону, как и планеты, и его экватор наклонен к эклиптике меньше, чем на семь градусов. Таким образом, объясняются движение всех планет и Солнца почти в одной плоскости и одинаковое направление их движений.

Планеты образовались из тех колец, которые постепенно развивались из туманности; вещество кольца собиралось постепенно вокруг одного или нескольких центров. Если распределение вещества в кольце было неравномерно, и одно место кольца содержало более значительное скопление вещества, то около этого скопления собиралось постепенно все остальное вещество кольца, и образовалась, таким образом, одна планета; если же вещество кольца было распределено равномерно, то вещество могло сгущаться около множества центров и образовать много небольших планет, как это мы

наблюдаем в кольце малых планет между Марсом и Юпитером (и в кольце Сатурна). Каждая планета вначале была в таком же состоянии, в каком теперь находится Солнце, и должна была вращаться вокруг оси, почти перпендикулярной к плоскости кольца, из которого планета образовалась. Вращение должно было получиться потому, что скорость частиц кольца, более близких к Солнцу, была не одинакова со скоростью частиц, более далеких от Солнца. Если скорость внешних частиц кольца была больше скорости внутренних его частиц, то вращение планеты получалось в ту же сторону, как и ее движение вокруг Солнца; если же, наоборот, внешние частицы кольца двигались медленнее внутренних, то вращение получалось в обратном направлении. Так объясняет прямые и обратные вращения планет французский астроном Фай (в книге „Происхождение мира"). Необходимо прибавить, что теперь даются и другие объяснения; все они еще не свободны от неясности и не избавлены от возражений. Как бы то ни было, во всяком случае из большинства колец происходила одна малая туманность, подобная большой общей туманности, из которой она сама возникла; эта малая туманность в свою очередь отделила кольца, из которых образовались спутники; спутники стали вращаться вокруг планеты в том направлении, в каком вращалась их родоначальница — туманность. Что спутники планет могли образоваться таким путем, на это ясно указывает кольцо Сатурна (рис. 83),

состоящее из мельчайших спутников, движущихся тремя отдельными кольцами. Труднее объяснить, почему наклонения экваторов планет и орбит их спутников к эклиптике иногда так значительны (например, у Урана наклонение доходит до 82 градусов, а если принять в расчет обратное движение, то до 98 градусов).

Таковы главные подтверждения гипотезы Лапласа, которые были известны ему самому. В новейшее время прибавились еще другие убедительные подтверждения того, что Солнце и планеты образовались из первоначальной туманности путем постепенного сгущения ее вещества.

Прежде всего, гипотеза первоначальной туманности — единственная гипотеза, которая вполне хорошо объясняет нам происхождение громадного запаса солнечной теплоты. Солнечная теплота, как мы видели в беседе II, является причиной почти всех движений на земном шаре и необходимым условием жизни всех живых существ на Земле. Солнце уже на глазах людей много тысяч лет изливает потоки тепла и света на Землю, и сила его лучей, повидимому, нисколько не уменьшается. Между тем, потеря тепла солнцем громадна. Каждую секунду, оно, как мы видели на стр. 118, излучает в холодное окружающее пространство не менее

94 000 000 000 000 000 000 000

единиц теплоты. Земля перехватывает меньше одной двухтысячемиллионной доли этого тепла, но такой доли,

однако, достаточно вполне, чтобы поддерживать на Земле жизнь и движение; этого тепла было бы достаточно, чтобы в один год расплавить слой льда в 16 сажен высоты, если бы он покрывал весь земной шар. Спрашивается, как объяснить такое странное явление, что Солнце теряет столько тепла и не охлаждается, не гаснет? Если бы Солнце все состояло из какого-либо горючего вещества, например, каменного угля, то его горения хватило бы самое большое на три-четыре тысячи лет. Поэтому горение не объясняет происхождение солнечной теплоты. Его объясняет только удар и сжатие. Если мы предположим, что Солнце вначале было огромной туманностью, чрезвычайно разреженной, то ее сгущение до теперешних размеров Солнца могло произвести путем сжимания частиц такой большой запас теплоты, которого при нынешней годовой потере должно хватить на 18—20 миллионов лет. Кроме того, тепло Солнца и теперь еще может пополняться его продолжающимся сжатием, а также падением на Солнце мельчайших частиц, оставшихся от первоначальной туманности, — метеоров. Чтобы пояснить громадность полученного таким путем запаса солнечной теплоты и малость ежегодной потери в сравнении с ним, проф. Роб. Болль (в книге „Происхождение Земли“) дает следующий пояснительный пример: вообразим запас зерна в амбаре, весом в 150 тысяч слишком пудов, и будем ежегодно вынимать из него только по одному зерну. Тогда весь запас зерна изобразит запас солнечной

теплоты, а одно ежегодно истрачиваемое зерно — ежегодную потерю тепла Солнцем.

Такое объяснение происхождения солнечной теплоты путем сгущения частиц и падения их к центру Солнца установлено в науке благодаря открытию великого исследователя Роберта Майера (см. рис. 51). Он в первый раз разъяснил связь между работой, которую производит движущееся тело, и теплом, которое получается при затрате этой работы, и показал, как можно вычислить количество такого тепла (см. стр. 121—23).

Другим не менее убедительным подтверждением общего происхождения всех небесных светил явилось открытие единства вещества во вселенной, установленное „спектральным анализом“. Оказалось, что Солнце и звезды, туманности, кометы и метеоры содержат те же вещества, какие мы встречаем в земной коре. Если Солнце, Земля, планеты и кометы произошли из одной и той же туманности, вещества, из которых они состоят, должны быть одинаковы. Это и подтверждает изучение спектров Солнца и комет, а также химическое исследование состава метеорных камней.

Есть в нашей планетной системе и другие следы ее прошлого, следы ее происхождения. Укажем прежде всего на кометы и падучие звезды. Все частицы первоначальной туманности, конечно, не могли войти в состав Солнца и планет. Часть частиц осталась свободной и должна была образовать более мелкие тела, похожие, в сравнении с планетами, на пыль. Эти пылеобразные

частицы и до сих пор целыми тучами движутся внутри нашей планетной системы и дают начало кометам и потокам метеоров. Приближаясь к Солнцу, такая туча маленьких тел раскаляется, испаряет газы, а отталкивательная сила пронизывающих эти газы солнечных лучей гонит их от Солнца и образует хвост кометы. При каждом обороте вокруг Солнца маленькие тела, составляющие ядро кометы, разъединяются, отстают друг от друга и распределяются вдоль всей орбиты. Земля иногда встречает такой поток метеоров, притягивает их к себе, метеоры начинают падать на поверхность Земли, раскаляются вследствие трения в атмосфере Земли и производят явление звездного дождя. Отдельные же метеоры являются падучими звездами или, если они велики по размерам, то пролетают яркими болидами, которые иногда с треском разрываются на части и дождем камней падают на Землю (см. бес. IV).

И на самом земном шаре, а также и на прочих планетах сохранились до сих пор следы их происхождения. Земля, как и большинство планет, оказывается не точно шарообразной, но приплюснутой у полюсов. Такая форма могла произойти только потому, что все планеты находились прежде в расплавленном, огненно-жидком состоянии. Вращение вокруг оси создает так называемую центробежную силу, которая заставляет каждую частицу удаляться от оси вращения. На экваторе центробежная сила достигает наибольшей величины, и потому экватор должен растя-

нуться, а весь земной шар сплюснуться у полюсов. Следы прежнего расплавленного состояния и теперь еще существуют внутри земной коры. Наблюдения показали, что, начиная с некоторой глубины, температура повышается на 1 градус с углублением на каждые 12 — 15 сажен. Если повышение температуры идет и дальше в таком же порядке (а в глубоких слоях оно, быть может, идет еще быстрее, так как давление верхних слоев делается больше и больше), то на глубине 200 верст уже должна быть такая высокая температура, что все вещества окажутся расплавленными. Существование расплавленных масс внутри земной коры ясно доказывают и теперь еще действующие на земном шаре вулканы. При извержении вулкана из его жерла вырываются горячие пары, выбрасываются пепел и камни и течет горячая лава, расплавленное вещество, температура которого доходит до нескольких тысяч градусов. Таким извержением Везувия (близ Неаполя в Италии) были уничтожены в 79 году нашей эры два цветущие римские города Геркуланум и Помпея, а в 1902 году извержение Лысой горы (Мон-Пеле) на острове Мартинике уничтожило город Сен-Пьер. Таким образом, совершенно ясно, что прежде, миллионы лет тому назад, планеты были в таком же состоянии, как Солнце, и затем только, постепенно охлаждаясь, покрылись темной корой.

Итак, великая мысль Гершеля и Лапласа насчет общего происхождения Солнца и планет из первона-

чальной туманности, вполне подтвердилась всеми новейшими данными астрономической науки. Мы можем поэтому не сомневаться в верности этой мысли, хотя многие частности в устройстве планетной системы и не объяснены еще ею. Мы не можем объяснить их, так как нам неизвестны первоначальные механические условия, в которых находилась туманность. Если бы мы точно знали эти условия, то современное состояние планетной системы было бы прямо выведено как необходимое следствие из этих первоначальных условий. Судить же о том, каковы были эти условия на основании нынешнего механического состояния планетной системы, итти в рассуждениях обратным путем, от следствий к их причинам, чрезвычайно трудно в виду большой сложности вопроса. Гипотеза первичной туманности или небулярная гипотеза есть неизбежное предположение, на которое наталкивает наш ум сила самих вещей; принять эту гипотезу вынуждают нас особенные свойства движений внутри нашей планетной системы, указанные Лапласом, и постепенный переход от одних форм небесных светил к другим, как его наблюдал Гершель. В последнее время были предложены и другие попытки объяснения происхождения и образования солнечной системы; точно так же старались и стараются выяснить отдельные вопросы этой великой задачи. Эти исследования стараются осветить этот вопрос со всех сторон, приняв во внимание такие физические силы и такие возможные проявления этих

сил, которые не принимались во внимание прежними исследователями. И теперь мы видим, что задача в подробностях гораздо труднее, чем можно это было думать раньше. Но гипотеза Лапласа и до сих пор остается, по крайней мере, примером того, как можно представлять себе развитие сложной системы из сравнительно простой первоначальной формы вследствие действия физических сил. Но до подробного выяснения истории солнечной системы, как уже и раньше указывалось, еще далеко. Вопрос труден, вопрос сложен, множество разных причин и сил оказывали здесь свое влияние, но

Царство науки не знает предела,
Всюду следы ее вечных побед.

---

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Из прочтенных вами, читатель, шести кратких очерков движения, физического устройства и происхождения небесных светил, вы можете видеть, что наши астрономические познания распадаются на два довольно отличных друг от друга отдела.

Первый отдел нужно назвать планетной механикой. В нем изучаются движения планет и законы этих движений, начиная с видимого движения звезд и Солнца, которое является следствием суточного и годового движения земного шара. Этот отдел трудами великих астрономов, физиков и математиков Коперника, Кеплера, Галилея, Гюйгенса, Ньютона, Клэро, Лагранжа, Гаусса, Лапласа доведен до такой степени совершенства, что позволяет не только объяснить одной общей причиной малейшие явления в движениях планет, но и предсказывать наступление явлений наперед со всею точностью, доступною нашим средствам наблюдения и измерения. Такое совершенство в развитии планетной механики достигнуто потому, что движения планет све-

дены к одной общей причине — взаимному тяготению их по закону Ньютона. Этот закон столь всеобщ, что не теряет своей силы на неизмеримых звездных расстояниях. Ему подчинено как движение огромных солнц в системе двойной звезды, так и движение мельчайшей кометы и падучей звезды. Благодаря такому высокому совершенству планетная механика стала примером, типом науки, к которому стремится построение всех наук о природе, всего естествознания. Это же точное знание общих законов явлений позволило сделать в астрономии блестящие практические приложения: решить точно задачу о правильном и удобном для практики счислении времени, — задачу, которая, вероятно, и положила начало первым астрономическим открытиям, вызвала к жизни самую науку астрономию, — и задачу об определении положений мест на земном шаре, лежащую в основе черчения географических карт и кораблевождения.

Другой отдел астрономии — учение о физическом устройстве небесных светил и об их происхождении — даже и приблизительно не обладает тою степенью совершенства, которою обладает планетная механика. Здесь многое для нас еще темно и сомнительно, в особенности, когда дело касается объяснения форм небесных светил, происхождения их и того, что мы наблюдаем на их поверхности. Но, несмотря на отрывочность и неполноту сведений этого второго отдела (называемого обыкновенно астрофизикой), он дал

человеческому уму два великие положения, две великие, твердо установленные идеи. Первая идея, это — **идея о единстве вещества** во всей вселенной, открытая благодаря применению спектрального анализа. Вторая идея, это — **идея о единстве и общности законов**, управляющих всеми явлениями в огромной вселенной, частицу которой составляет наша солнечная система. Таких общих законов космическая физика может указать два: один — закон всеобщего тяготения, открытый великим Ньютоном, другой — **закон сохранения силы** (или энергии), открытый гениальным немецким врачом Робертом Майером. Благодаря открытию Майера обнаружилась неожиданно связь между тяготением и теплотой, явилась возможность объяснить физическое состояние светил сгущением вещества, его притяжением к одному или нескольким центрам и развитием теплоты, которое получается от такого сгущения. Только после Майерова открытия стало возможным вычислять, какое именно количество теплоты разовьется при данных условиях, и, таким образом, проверять правильность предположений о строении и способе происхождения небесных светил. Эти два великие закона открыты при помощи наблюдений на земной поверхности, но их приложение к объяснению всех мировых явлений увенчалось таким блестящим успехом, раскрыло так много нового, дало возможность нарисовать такую сравнительно стройную, связную картину мировых явлений и развития мира, что мы, по

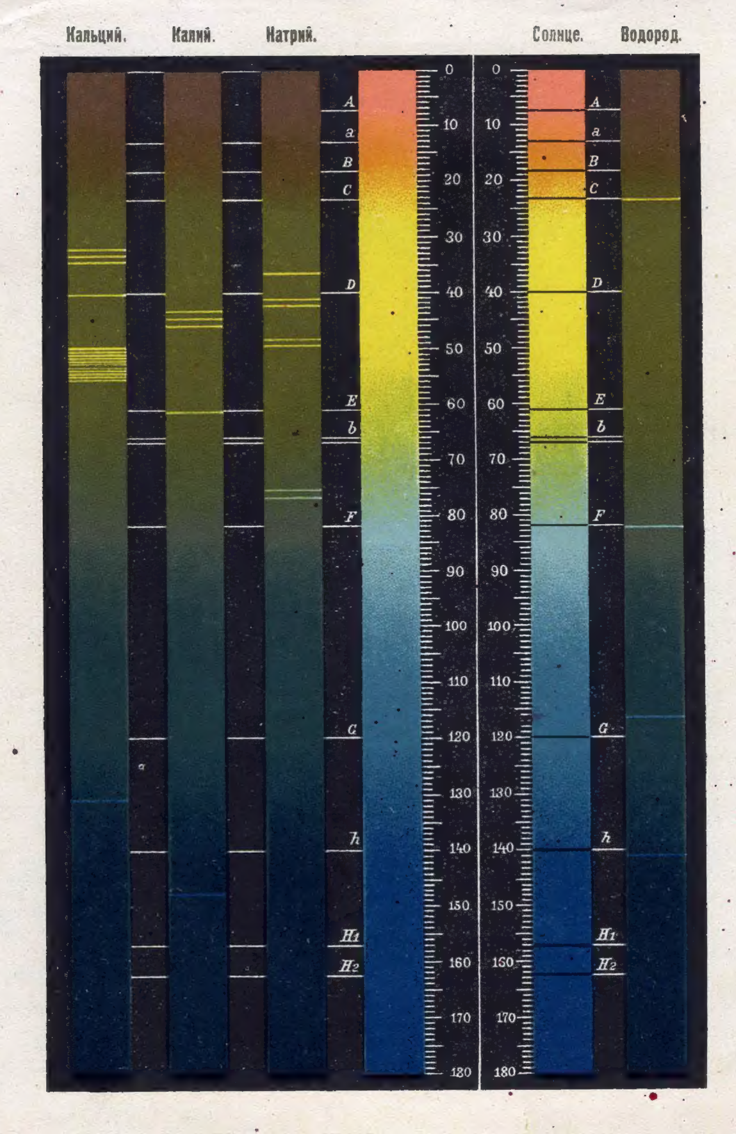
справедливости, можем считать эти законы всеобщими незыблемыми законами природы.

Вместе оба отдела составляют одну великую науку о небесных светилах—*астрономию*, начало которой теряется в дали веков прошлой истории человечества. Возникнув, вероятно, из чисто-практической потребности—установить календарь, согласный с течением времен года, астрономия в течение двух тысячелетий, со времен Гиппарха, развилась в стройное, величественное учение о мире, о *космосе*, о том „*великом целом*", частицу которого составляет сам человек, постигающий силой своего разума законы, управляющие этим космосом. В течение веков своего развития астрономия постепенно разрушила оковы предрассудков, тяготевших над умом человека, и освободила этот ум для великой работы познания природы, для точного изучения сил, управляющих ее явлениями, и для раскрытия способов заставить эти силы служить нашим практическим целям. Астрономия разрушила тесные хрустальные сферы, будто бы окружавшие землю; она раздвинула границы видимого мира до практически неизмеримых величин, которые выражаются тысячами „световых годов", и в лице великого мученика новой астрономии Джордано Бруно создала глубокое, полное захватывающей поэзии и красоты учение о вселенной и мирах, о вечном непрерывном развитии небесных светил и никогда не прекращающейся жизни в этих неизмеримо далеких мирах, называемых звездами. Астрономия раз-

рушила старое учение о неподвижности Земли ценою жизни и мучений великих своих представителей Бруно и Галилея, распространила в мире великую освобождающую идею Коперника о движении земного шара. Развитие астрономии в новое время положило начало развитию естествознания, развитию науки о природе, которая совершенно изменила не только внешнюю жизнь народов благодаря технике, основанной на естествознании, но изменила в корне и взгляды человечества на самого себя и на свое место в природе. Не столько важно то, что жизнь наша теперь устроена более удобно и безопасно благодаря машинам, железным дорогам, телеграфу и т. п., сколько то, что над умом образованного человечества не тяготеют прежние суеверия и предрассудки. Мы теперь знаем, что в явлениях мира нет произвола, ими не управляет никто, стоящий как бы вне мира; мировые явления протекают по определенным математическим законам, которые присущи самому веществу и его движениям и не зависят ни от чьего произвола; законы природы незыблемы и всеобщи.

В с е  я в л е н и я  м и р а  з а к о н о м е р н ы — вот великое завоевание современной науки, изгоняющее всякие суеверия и освобождающее ум человека от этих страшных оков, которые гораздо опаснее и вреднее оков нужды и даже насилия человека над человеком. Само насилие живет обыкновенно на счет грубых суеверий громадных масс народа. Астрономические явления — первый наиболее ясный и простой пример все-

общей закономерности явлений. Отсюда и вытекает громадное значение астрономических знаний в истории умственного развития человечества и каждого отдельного человека. Вот почему основные астрономические вопросы никогда не потеряют своей притягательной силы для мыслящего развивающегося ума, пока не угаснет в мире человеческое сознание.



Кальций.
Калий.
Натрий.
Солнце.
Водород.
A
a
B
C
D
E
b
F
G
h
H1
H2
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180

1-50

**Цена 1 р. 50 к.**

